

(11)Publication number : **06-260876**  
(43)Date of publication of application : **16.09.1994**

H03H 9/145  
H03H 9/64

(72)Inventor : **NAGATSUKA TSUTOMU**  
**WAKOU SHIYUUZOU**  
**MISU KOICHIRO**  
**KIMURA TOMONORI**  
**MURAI KOJI**

<http://www19.ipdl.jpo.go.jp/PA1/result/detail/chain/07AA01H-015Dom408260876P.04> 2003/07/03

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3191473

[Date of registration] 25.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

[Title of the Invention] Surface Acoustic Wave Filter

[Claims]

[Claim 1]

A surface acoustic wave filter comprising a plurality of surface acoustic wave resonators electrically connected, characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a two-port surface acoustic wave resonator are used together as said surface acoustic wave resonators.

[Claim 2]

A surface acoustic wave filter comprising a plurality of surface acoustic wave resonators electrically connected, characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a two-port surface acoustic wave resonator are used together as said surface acoustic wave resonators and said one-port surface acoustic wave resonator and said two-port surface acoustic wave resonator are connected symmetrically across an input terminal and an output terminal.

[Claim 3]

A surface acoustic wave filter comprising a plurality of surface acoustic wave resonators electrically connected, characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a two-port surface acoustic wave resonator are used together

as said surface acoustic wave resonators and said two-port surface acoustic wave resonator has three or more comb-like electrodes.

[Claim 4]

A surface acoustic wave filter characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected in ladder shape.

[Claim 5]

A surface acoustic wave filter characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected in ladder shape and a part of said comb-like electrode is replaced with a capacitor.

[Claim 6]

A surface acoustic wave filter using one-port surface acoustic wave resonators as a component of a serial arm and a component of a parallel arm and connecting said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm to said one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, characterized in that at least one of said one-port surface acoustic wave resonators has a comb-like electrode and a reflector and an electrode finger arrangement cycle of said comb-like electrode is different from a lattice arrangement cycle of said reflector.

[Claim 7]

A surface acoustic wave filter using one-port surface acoustic wave resonators having a comb-like electrode and a reflector as a component of a serial arm and a component of a parallel arm and connecting said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm to said one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, characterized in that when an electrode finger arrangement cycle of said comb-like electrode and a lattice arrangement cycle of said reflector are  $L_{is}$  and  $L_{rs}$ , respectively, in said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm, and an electrode finger arrangement cycle of said comb-like electrode and a lattice arrangement cycle of said reflector are  $L_{ip}$  and  $L_{rp}$ , respectively, in said one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm,  $L_{is}/L_{rs} < L_{ip}/L_{rp}$  is satisfied.

[Claim 8]

A surface acoustic wave filter using one-port surface acoustic wave resonators as a component of a serial arm and a component of a parallel arm and connecting said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm to said one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, characterized in that at least one of said one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm has a resonance frequency different from that of another one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm.

[Claim 9]

A surface acoustic wave filter using one-port surface acoustic wave resonators as a component of a serial arm and a component of a parallel arm and connecting said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm to said one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, characterized in that at least one of said one-port surface acoustic wave resonators of the parallel arm has an antiresonance frequency different from that of another one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm.

[Claim 10]

A surface acoustic wave filter using one-port surface acoustic wave resonators as a component of a serial arm and a component of a parallel arm and connecting said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm to said one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, characterized in that it has a plurality of one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm and at least two of the plurality of one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm are adjacently arranged.

[Claim 11]

A surface acoustic wave filter characterized in that it uses one-port surface acoustic wave resonators as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, said one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm and said

one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm are connected so as to be in ladder shape, and an inductor is also connected.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Field of Utilization]

The present invention relates to a surface acoustic wave filter used in a high-frequency circuit of a mobile communication apparatus.

[0002]

[Prior Art]

Fig. 18 illustrates a constitution of this kind of conventional surface acoustic wave filter disclosed in US92-52, pp.9-16 in the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical Research (supersonic wave), for example. In Fig. 18, reference numerals 4a and 4b designate one-port surface acoustic wave resonators, reference numeral 6 designates an input terminal and reference numeral 7 designates an output terminal. Referring to the drawing, a plurality of one-port surface acoustic wave resonators 4a inserted to a serial arm and one-port surface acoustic wave resonators 4b inserted to a parallel arm are connected so as to be in ladder type between the input terminal 6 and the output terminal 7. A general constitution of the one-port surface acoustic wave resonators 4a and 4b in Fig. 18 is shown in Fig. 19. In Fig. 19, reference

numeral 1 designates a piezoelectric substrate, reference numeral 2 designates a comb-like electrode, and reference numeral 3 designates a reflector. The comb-like electrode 2 and the two reflectors 3 are arranged on the piezoelectric substrate 1 to constitute a one-port surface acoustic wave resonator 4.

[0003]

Then, an operation thereof will be described. When an electric signal is applied between the terminals in Fig. 19, a surface acoustic wave is excited from the comb-like electrode 2. The reflectors 3 provided both sides of the comb-like electrode 2 reflect the surface acoustic wave. Therefore, the excited surface acoustic wave makes multiple reflection between the reflectors 3 to generate resonance.

[0004]

Fig. 20 illustrates an impedance characteristic of the one-port surface acoustic wave resonator 4 shown in Fig. 19. In the drawing, the axis of ordinate shows an imaginary part of the impedance. The impedance becomes zero at a resonance frequency  $f_r$  and becomes infinite at an antiresonance frequency  $f_a$ . In addition, the impedance becomes inductive between the resonance frequency  $f_r$  and the antiresonance frequency  $f_a$  and it is capacitive at the frequency other than that.

[0005]

In Fig. 18, the resonance frequency  $f_r$  of the one-port



surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm and the antiresonance frequency  $f_a$  of the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm are matched. When the frequency is  $f_0$ , since the impedance of the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm is low and the impedance of the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm is high in the vicinity of the frequency  $f_0$ , the electric signal input into the input terminal 6 is hardly attenuated and output from the output terminal 7, whereby pass power is increased. On the contrary, since the impedance of the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm is high and the impedance of the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm becomes low at the frequency apart from  $f_0$ , the electric signal input to the input terminal 6 is hardly output from the output terminal 7, whereby the pass power becomes low. Therefore, it operates as a band-pass filter in which the frequency in the vicinity of  $f_0$  is a pass band and the frequency other than that is an attenuation band.

[0006]

Fig. 21 illustrates a pass characteristic of the surface acoustic wave filter shown in Fig. 18. Attenuation poles are generated at the higher and lower side of the pass band, respectively, corresponding to the antiresonance frequency of the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm and the resonance frequency of the one-port surface acoustic

wave resonator 4b of the parallel arm. However, the pass power is increased again at the frequency apart from the attenuation poles. This is because the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm and the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm both become capacitive impedance and a part of the electric signal input into the input terminal 6 is output to the output terminal 7. Therefore, there is a defect that it is hard to obtain a sufficient amount of out-of-band attenuation at the frequency apart from the pass band.

[0007]

In addition, actually, the reflector 3 does not always reflect the surface acoustic wave at any frequency and the frequency band in which the reflection occurs is limited. Fig. 22 illustrates a frequency characteristic of reflective efficiency of the reflector 3. Although the surface acoustic wave input into the reflector 3 is almost completely reflected at a band called a stop band, the reflective efficiency is considerably lowered at the band other than that. The width of the stop band of the reflector 3 can be changed by selecting a thickness of a metal film which constitutes the reflector 3. In general, it can be increased by thickening the metal film. However, as the metal film thickness is increased, a bulk conversion loss or the like is increased and the reflective efficiency is lowered as a whole. Therefore, there is a limit

in increasing the stop band of the reflector 3.

[0008]

When the reflective efficiency of the reflector 3 is low, the surface acoustic wave is not reflected and a power loss is generated in the one-port surface acoustic wave resonator 4. Therefore, when the surface acoustic wave filter is constituted, the pass band loss is increased. In addition, since the stop band of the reflector 3 of the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm and the stop band of the reflector 3 of the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm are, generally, shifted, the power loss is generated at the frequency other than frequency range in which both are overlapped, whereby the filter loss is increased. Therefore, the pass band width of the surface acoustic wave filter is limited by the width in which the stop bands of the reflectors 3 of the serial arm and parallel arm are overlapped.

[0009]

Furthermore, in Fig. 18, the one-port surface acoustic wave resonators 4a and 4b are connected by a wire or a line formed of a metal film on the piezoelectric substrate 1 actually. Therefore, when the length of the wire or the line between the input terminal 6 and the output terminal 7 is increased, these resistance components are increased and the loss of the surface acoustic wave filter is increased as a whole.

[0010]

Then, another constitution of a conventional surface acoustic wave filter will be described. Fig. 23 illustrates another constitution of this kind of conventional surface acoustic wave filter which is disclosed in SA-10-3 of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Autumn National Convention in 1990, for example. In Fig. 23, reference numeral 1 designates a piezoelectric substrate, reference numeral 2 designates a comb-like electrode, reference numeral 3 designates a reflector, reference numeral 5 designates a two-port surface acoustic wave resonator, reference numeral 6 designates an input terminal and reference numeral 7 designates an output terminal. Referring to Fig. 23, the two comb-like electrodes 2 and the reflectors 3 on both sides thereof are arranged on the piezoelectric substrate 1 to constitute the two-port surface acoustic wave resonator 5. In addition, one of the two comb-like electrodes 2 in the two-port surface acoustic wave resonator 5 is connected to the input terminal 6 and the other is connected to the output terminal 7.

[0011]

Then, an operation thereof will be described. When an electric signal is applied to the input terminal 6, a surface acoustic wave is excited from one of the comb-like electrodes 2. Since the surface acoustic wave is reflected by the reflectors 3, multiple reflection occurs between the reflectors

and resonates at a specific frequency. A part of the resonating surface acoustic wave is converted to the electric signal again at the other comb-like electrode 2 to be output from the output terminal 7. Fig. 24 illustrates an amplitude distribution at the resonance frequency of the two-port surface acoustic wave resonator 5 shown in Fig. 23. A symmetric mode shown by a solid line and antisymmetric mode shown by a broken line in the drawing are generated and the resonance frequencies of the two modes are different a little. When the difference between the resonance frequencies is made to be a desired value, double mode filter having a band-pass characteristic can be obtained.

[0012]

Fig. 25 illustrates a pass characteristic of the surface acoustic wave filter shown in Fig. 23. Since the surface acoustic wave is not excited from the comb-like electrode 2 so much at the frequency apart from the pass band, a large amount of attenuation is obtained as compared with Fig. 21. However, a part having a small amount of attenuation is generated at a little higher side from the pass band in the vicinity of the pass band. This is because multiple reflection of the surface acoustic wave is generated in the comb-like electrode 2 even at the frequency higher than the pass band a little and this resonance becomes spurious. In order to reduce the level of the spurious, it is thought that many two-port surface acoustic wave resonators 5 are cascade connected to increase the number

of stages but the insertion loss of the pass band is also increased.

[0013]

[Problems that the Invention is to solve]

As described above, according to the conventional surface acoustic wave filter, since it is constituted by only the one-port surface acoustic wave resonator 4 or only the two-port surface acoustic wave resonator 5, there is a problem in which the amount of out-of-band attenuation is reduced at the frequency apart from the pass band or in the vicinity of the pass band. In addition, when the number of stages is increased in order to increase the amount of out-of-band attenuation, there is a defect that the insertion loss is increased. Furthermore, when the one-port surface acoustic wave resonators 4 are connected to constitute the ladder shape, the insertion loss is increased or the pass band width is narrowed by a limit of the stop band of the reflector 3, which are the problems. The present invention was made to solve the above problems and it is an object of the present invention to provide a surface acoustic wave filter with a small loss and a large amount of out-of-band attenuation. In addition, it is another object of the present invention to provide a surface acoustic wave filter with a small loss and a large pass band width.

[0014]

[Means of Solving the Problems]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 1 is characterized in that a plurality of surface acoustic wave resonators are electrically connected and a one-port surface acoustic wave resonator and a two-port surface acoustic wave resonator are used together as the surface acoustic wave resonators.

[0015]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 2 is characterized in that a plurality of surface acoustic wave resonators are electrically connected, a one-port surface acoustic wave resonator and a two-port surface acoustic wave resonator are used together as the surface acoustic wave resonators and the one-port surface acoustic wave resonator and the two-port surface acoustic wave resonator are connected symmetrically across an input terminal and an output terminal.

[0016]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 3 is characterized in that a plurality of surface acoustic wave resonators are electrically connected, a one-port surface acoustic wave resonator and a two-port surface acoustic wave resonator are used together as the surface acoustic wave resonators and the two-port surface acoustic wave resonator has three or more comb-like electrodes.

[0017]

A surface acoustic wave filter according to the present

invention of claim 4 is characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected in ladder shape.

[0018]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 5 is characterized in that a one-port surface acoustic wave resonator and a comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected in ladder shape and a part of the comb-like electrode is replaced with a capacitor.

[0019]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 6 is characterized in that one-port surface acoustic wave resonators are used as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, the one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm is connected to the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, at least one of the one-port surface acoustic wave resonators has a comb-like electrode and a reflector and an electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode is different from a lattice arrangement cycle of the reflector.

[0020]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 7 is characterized in that one-port surface acoustic wave resonators having a comb-like electrode and a



reflector are used as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, the one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm is connected to the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, and when an electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode and a lattice arrangement cycle of the reflector are  $L_{is}$  and  $L_{rs}$ , respectively, in the one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm and an electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode and a lattice arrangement cycle of the reflector are  $L_{ip}$  and  $L_{rp}$ , respectively, in the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm,  $L_{is}/L_{rs} < L_{ip}/L_{rp}$  is satisfied.

[0021]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 8 is characterized in that one-port surface acoustic wave resonators are used as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, the one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm is connected to the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, and at least one of the one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm has a resonance frequency different from that of another one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm.

[0022]

A surface acoustic wave filter according to the present

invention of claim 9 is characterized in that one-port surface acoustic wave resonators are used as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, the one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm is connected to the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, and at least one of the one-port surface acoustic wave resonators of the parallel arm has an antiresonance frequency different from that of another one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm.

[0023]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 10 is characterized in that one-port surface acoustic wave resonators are used as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, the one-port surface acoustic wave resonator of the serial arm is connected to the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm so as to be in ladder shape, it has a plurality of one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm, and at least two of the plurality of one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm are adjacently arranged.

[0024]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 11 is characterized in that one-port surface acoustic wave resonators are used as a component of a serial arm and a component of a parallel arm, the one-port surface

acoustic wave resonator of the serial arm and the one-port surface acoustic wave resonator of the parallel arm are connected so as to be in ladder shape, and an inductor is also connected.

[0025]

[Operation of the Invention]

According to the present invention of claim 1, since the surface acoustic wave filter is constituted by the one-port surface acoustic wave resonator and the two-port surface acoustic wave resonator, spurious of the two-port surface acoustic wave resonator can be cancelled by an attenuation pole of the one-port surface acoustic wave resonator, so that a surface acoustic wave filter having a large amount of out-of-band attenuation with a small loss can be obtained.

[0026]

According to the present invention of claim 2, since the one-port surface acoustic wave resonator and the two-port surface acoustic wave resonator are connected symmetrically across an input terminal and an output terminal, the impedance of the input terminal can be equal to the impedance of the output terminal and matching with an outer circuit can be easily implemented, so that a surface acoustic wave filter with a small loss can be provided.

[0027]

According to the present invention of claim 3, since the two-port surface acoustic wave resonator having three or more

comb-like electrodes is used, a surface acoustic wave filter having a large pass band can be provided.

[0028]

According to the present invention of claims 4 and 5, since the one-port surface acoustic wave resonator and the comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected so as to be in ladder shape, the input signal can be converted to the surface acoustic wave at a specific out-of-band frequency, so that a surface acoustic wave filter having a large amount of out-of-band attenuation can be provided at this frequency.

[0029]

According to the present invention of claim 6, since the electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode and the lattice arrangement cycle of the reflector of the one-port surface acoustic wave resonator are differentiated in the surface acoustic wave filter in which the one-port surface acoustic wave resonators are connected so as to be in ladder shape, the stop band of the reflector can be effectively used, so that a surface acoustic wave filter having a large pass band with a small insertion loss can be obtained.

[0030]

According to the present invention of claim 7, since the electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode and the lattice arrangement cycle of the reflector of the

respective one-port surface acoustic wave resonators of a series arm and a parallel arm is made to satisfy a predetermined relation, the stop band of the reflector can be further effectively used, so that a surface acoustic wave filter having a further large pass band can be obtained.

[0031]

According to the present invention of claim 8, since at least one resonance frequency is differentiated from the others among the one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm, there is provided a surface acoustic wave filter having a desired in-band pass characteristic.

[0032]

According to the present invention of claim 9, since at least one antiresonance frequency is differentiated from the others among the one-port surface acoustic wave resonators of the parallel arm, there is provided a surface acoustic wave filter having a desired in-band pass characteristic.

[0033]

According to the present invention of claim 10, since a plurality of one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm are adjacently arranged, a line or the like between the input and output terminals can be shortened, so that a surface acoustic wave filter with a small insertion loss can be provided.

[0034]

According to the present invention of claim 11, since

the one-port surface acoustic wave resonators are connected so as to be in ladder shape and an inductor is connected, there is provided a surface acoustic wave filter having a large pass band width and a large amount of out-of-band attenuation.

[0035]

[Embodiment] Embodiment 1

A constitution of an embodiment of the present invention will be described with reference to Fig. 1. Fig. 1 illustrates a constitution according to an embodiment 1 of the present invention. Referring to Fig. 1, reference numeral 1 designates a piezoelectric substrate, reference numeral 2 designates a comb-like electrode, reference numeral 3 designates a reflector, reference numeral 4 designates a one-port surface acoustic wave resonator, reference numeral 5 designates a two-port surface acoustic wave resonator, reference numeral 6 designates an input terminal, and reference numeral 7 designates an output terminal. In the drawing, the one-port surface acoustic wave resonator 4 comprising one comb-like electrode 2 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 comprising two comb-like electrodes 2 are disposed on the piezoelectric substrate 1 and the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 are electrically connected.

[0036]

Then, an operation will be described. The one-port surface acoustic wave resonator 4 shown in Fig. 1 has an impedance

characteristic shown in Fig. 20 like in Fig. 18. In other words, the impedance becomes zero at a resonance frequency  $f_r$  and the impedance becomes infinite at an antiresonance frequency  $f_a$ . Therefore, when the one-port surface acoustic wave resonators 4 are connected in series to constitute a two-port circuit as shown in Fig. 2, the electric signal from the input terminal 6 all passes the output terminal 7 at the resonance frequency  $f_r$  but does not pass it at all at the antiresonance frequency  $f_a$  and generates an attenuation pole. Therefore, a pass characteristic in Fig. 3(a) is shown.

[0037]

Meanwhile, the two-port surface acoustic wave resonator 5 in Fig. 1 shows a pass characteristic shown in Fig. 3(b) in which spurious is generated in the vicinity of  $f_s$  at a higher side of a pass band.

[0038]

However, referring to Fig. 1, the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 are cascade connected. Furthermore, referring to Fig. 1, the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 are constituted such that the attenuation pole  $f_a$  in Fig. 3(a) is almost equal to the frequency  $f_s$  where the spurious is generated in Fig. 3(b). Therefore, the whole pass characteristic is as shown in Fig. 3(c), the spurious of the two-port surface acoustic

wave resonator 5 is cancelled by the attenuation pole of the one-port surface acoustic wave resonator 4 so that an amount of out-of-band attenuation can be increased.

[0039]

Furthermore, at this time, since the pass band of the two-port surface acoustic wave resonator 5 can be equalized to the resonance frequency  $f_r$  of the one-port surface acoustic wave resonator 4, an increase in insertion loss caused by connecting the one-port surface acoustic wave resonator 4 is small as compared with the insertion loss of the two-port surface acoustic wave resonator 5 of itself. Therefore, the insertion loss can be reduced as compared with a case of multistage connection of the two-port surface acoustic wave resonators 5. As described above, according to the embodiment 1 of the present invention, there can be provided a surface acoustic wave filter realizing a small loss and a large amount of out-of-band attenuation.

[0040] Embodiment 2

Fig. 4 illustrates a constitution according to an embodiment 2 of the present invention. Referring to Fig. 4, reference numerals 1 to 7 are the same as those in Fig. 1. In the drawing, a two-port surface acoustic wave resonator 5 is arranged on a piezoelectric substrate 1 and a one-port surface acoustic wave resonator 4 is provided on each side thereof and the two one-port surface acoustic wave resonator 4 and the



two-port surface acoustic wave resonator 5 are electrically connected so as to be symmetric to each other across the input terminal 6 and the output terminal 7.

[0041]

Then, an operation will be described. The operations of the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 shown in Fig. 4 are the same as those in the embodiment 1, respectively. However, Fig. 4 is different from Fig. 1, in that there are two one-port surface acoustic wave resonators 4, so that an effect of the attenuation pole in Fig. 3(a) is enlarged and the amount of out-of-band attenuation can be increased.

[0042]

Furthermore, in Fig. 4, the constitution of the surface acoustic wave filter is symmetric across the input terminal 6 and the output terminal 7. Therefore, the input impedance viewed from the input terminal 6 and the input impedance viewed from the output terminal 7 are equal to each other. Since impedance of outer circuits connected to the input terminal 6 and the output terminal 7, respectively is usually the same, impedance matching with the outer circuits is easy in the constitution shown in Fig. 4. As a result, mismatching loss of the filter and the loss caused by the outer matching circuits can be reduced, whereby there can be provided a surface acoustic wave filter with a small loss.

[0043] Embodiment 3

Fig. 5 illustrates a constitution according to an embodiment 3 of the present invention. Referring to Fig. 5, reference numerals 1 to 7 are the same as those in Fig. 1. In the figure, a two-port surface acoustic wave resonator 5 is arranged on a piezoelectric substrate 1 and a one-port surface acoustic wave resonator 4 is provided on each side thereof and the two one-port surface acoustic wave resonators 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 are electrically connected. In addition, as the two-port surface acoustic wave resonator 5, three comb-like electrodes 2 are used, that is, three-electrode shape is employed.

[0044]

Then, an operation will be described. The operations of the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 shown in Fig. 5 are the same as those in the embodiment 1 and the embodiment 2, respectively. However, as shown in Fig. 5, there are three comb-like electrodes 2 in the two-port surface acoustic wave resonator 5 and the central comb-like electrode 2 is at the input side and the comb-like electrodes on both sides are connected to be at the output side. Fig. 6 illustrates an amplitude distribution at the resonance frequency of the two-port surface acoustic wave resonator 5 shown in Fig. 5. There are generated a zero order symmetric wave shown by a solid line and a second order symmetric

wave shown by a broken line in the figure and an antisymmetric wave shown in Fig. 24 is not excited. At this time also, like in Fig. 23, when a difference between the resonance frequencies of the zero order symmetric wave and the second order symmetric wave is made to be a desired value, there can be provided a double mode filter having a band-pass characteristic.

[0045]

Furthermore, since the difference between the resonance frequencies of the zero order symmetric wave and the second order symmetric wave can be larger than the difference between resonance frequencies of the symmetric wave and the antisymmetric wave in Fig. 24, the pass band of the three-electrode shape of the two-port surface acoustic wave resonator 5 in Fig. 5 can be larger than that of the two-electrode shape of the two-port surface acoustic wave resonator 5 in Fig. 23. Therefore, according to the embodiment 3 of the present invention, there can be provided a surface acoustic wave filter having a pass band larger than that of the embodiment 1.

[0046]

Although the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 are provided on the same piezoelectric substrate 1 according to the embodiments 1 to 3, the present invention is not limited to this and the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 may be disposed

on separate piezoelectric substrates 1. In this case, another kind of piezoelectric substrate 1 may be used. In addition, the number of the one-port surface acoustic wave resonators 4 and the number of the two-port surface acoustic wave resonators 5 are not limited to those shown in the above embodiments. In general, when many one-port surface acoustic wave resonators 4 and two-port surface acoustic wave resonators 5 are cascade connected, the more the number of connections is, the larger the amount of the out-of-band attenuation becomes and the more the insertion loss increases. Therefore, the number of connections may be selected according to a desired value of the amount of the out-of-band attenuation and the insertion loss.

[0047]

Furthermore, although the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the two-port surface acoustic wave resonator 5 comprise the reflector 5 according to the above embodiments 1 to 3 of the present invention, the present invention is not limited to this and the surface acoustic wave resonator which does not have the reflector 3 and uses only the resonance of the comb-like electrode 2 itself may be used.

[0048] Embodiment 4

Fig. 7 illustrates a constitution according to an embodiment 4 of the present invention. Referring to Fig. 7, reference numeral 1 designates a piezoelectric electrode,

reference numeral 2 designates a comb-like electrode, reference numeral 3 designates a reflector, reference numeral 4 designates a one-port surface acoustic wave resonator, reference numeral 6 designates an input terminal and reference numeral 7 designates an output terminal. In the drawing, the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the comb-like electrode 2 are disposed on the piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected so as to constitute an inversed L-shaped circuit.

[0049]

Then, an operation will be described. Fig. 8 is a drawing for explaining the operation according to the embodiment 4 of the present invention, in which reference numeral 8 designates a capacitor. As shown in Fig. 8, the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the capacitor 8 are inserted in series and in parallel, respectively, between the input terminal 6 and the output terminal 7. Since the one-port surface acoustic wave resonator 4 has an impedance characteristic shown in Fig. 20 as described above, there is provided an inductive impedance between the resonance frequency  $f_r$  and antiresonance frequency  $f_a$ . At this time, since the capacitor 8 is capacitive impedance, there is provided a band-pass filter with a small loss like a constant K shape filter which is well known in transmission circuit theory, in the circuit shown in Fig. 8. However, since the attenuation pole is generated at the antiresonance frequency

fa of the one-port surface acoustic wave resonator 4, the pass characteristic has the attenuation pole on the higher side of the pass band as shown by the solid line in Fig. 9.

[0050]

Fig. 7 illustrates a constitution in which the capacitor 8 in Fig. 8 is replaced with a comb-like electrode 2. The impedance of the comb-like electrode 2 shows the same capacitive characteristic as in the capacitor 8 at the frequency other than the frequency where the surface acoustic wave is excited. Therefore, the surface acoustic wave filter shown in Fig. 7 shows the same characteristic as that of the filter shown in Fig. 8 at the frequency other than the frequency where the comb-like electrode 2 excites the surface acoustic wave. Therefore, the pass band characteristic shows a small loss as in Fig. 8. However, the electric signal input to the comb-like electrode 2 is converted to the surface acoustic wave at the frequency where the electrode 2 excites the surface acoustic wave, so that a power loss is generated. Therefore, as shown by a broken line in Fig. 9, power of the input signal is damaged at the frequency  $f_i$  where the comb-like electrode 2 excites the surface acoustic wave so that the power of the output signal is reduced. Therefore, the amount of the attenuation of the pass characteristic can be increased at the frequency  $f_i$ . At this time, since the frequency  $f_i$  where the surface acoustic wave is excited is freely changed by changing an electrode finger

arrangement cycle of the comb-like electrode 2, the amount of attenuation can be increased at any out-of-band frequency.

[0051] Embodiment 5

Fig. 10 illustrates a constitution according to an embodiment 5 of the present invention. Referring to Fig. 10, reference numerals 1 to 7 are the same as those in Fig. 7. In the drawing, two one-port surface acoustic wave resonators 4 and a comb-like electrode 2 are arranged on a piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected to constitute a T shape circuit.

[0052]

Then, an operation will be described. According to the constitution shown in Fig. 10, the two surface acoustic wave filters shown in Fig. 7 are connected by output terminals to each other and central two comb-like electrodes arranged in parallel are shaped into one. Therefore, like in Fig. 7, it serves as a band-pass filter. In addition, since the number of stages of the filters is increased as compared with the case in Fig. 7, the amount of the out-of-band attenuation is increased and a steep filter characteristic can be obtained. In this case also, the amount of the attenuation can be further increased at any out-of-band frequency by changing the frequency where the comb-like electrode 2 excites the surface acoustic wave.

[0053] Embodiment 6

Fig. 11 illustrates a configuration according to an

embodiment 6 of the present invention. In Fig. 11, reference numerals 1 to 7 are the same as those shown in Fig. 7. Referring to the drawing, a one-port surface acoustic wave resonator 4 and a comb-like electrode are arranged on a piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected to constitute an inversed L shape circuit. However, Fig. 11 is different from Fig. 7 in that the comb-like electrode 2 and the one-port surface acoustic wave resonator 4 are inserted between an input terminal 6 and an output terminal 7, in series and in parallel, respectively.

[0054]

In Fig. 11, it operates as a band-pass filter like in Fig. 7. In this case, since an attenuation pole is generated at resonance frequency  $f_r$  of the one-port surface acoustic wave resonator 4, a pass characteristic becomes a characteristic having the attenuation pole on the lower side of a pass band. However, it is needless to say that the amount of attenuation can be increased at any out-of-band frequency by changing the frequency in which the comb-like electrode 2 excites a surface acoustic wave in Fig. 11 also, like in Fig. 7.

[0055] Embodiment 7

Fig. 12 illustrates a constitution according to an embodiment 7 of the present invention. In Fig. 12, reference numerals 1 to 7 are the same as those shown in Fig. 7. Referring to the drawing, two comb-like electrodes 2 and a one-port surface



acoustic wave resonator 4 are arranged on a piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected to constitute a T shape circuit.

[0056]

Referring to the constitution shown in Fig. 12, two surface acoustic wave filters shown in Fig. 11 are connected by an output terminal to each other and the central two one-port surface acoustic wave resonators arranged in parallel are shaped into one. Therefore, it operates as a band-pass filter like in Fig. 11 and there is provided a filter characteristic steeper than that in Fig. 11. In this case also, the amount of attenuation can be further increased at any out-of-band frequency by changing the frequency in which the comb-like electrode 2 excites a surface acoustic wave. Furthermore, there is an effect that the amount of attenuation at different two bands can be increased by differentiating the frequencies in which the surface acoustic waves are excited in the upper and lower two comb-like electrodes 2.

[0057]

Although the circuit constitutions of the surface acoustic wave filters are inversed L shape and T shape according to the above embodiments 4 to 7, the present invention is not limited to this and a  $\pi$  shape circuit constitution may be employed and the number of stages may be further increased. In addition, instead of the comb-like electrode 2, a part of the capacitor

8 may be left. In addition, when there are many comb-like electrodes 2, the frequencies where the surface acoustic waves are excited by these may be separately changed or may be the same.

[0058]

In addition, although the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the comb-like electrode 2 are provided on the same piezoelectric substrate 1 according to the embodiments 4 to 7, the present invention is not limited to this and the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the comb-like electrode 2 may be disposed on separate piezoelectric substrates 1. In this case, another kind of piezoelectric substrate 1 may be used.

[0059] Embodiment 8

Fig. 13 is a constitution according to an embodiment 8 of the present invention. Referring to Fig. 13, reference numeral 1 designates a piezoelectric substrate, reference numeral 2 designates a comb-like electrode, reference numeral 3 designates a reflector, reference numerals 4a and 4b designate one-port surface acoustic wave resonators, reference numeral 6 designates an input terminal and reference numeral 7 designates an output terminal. Referring to the drawing, a plurality of one-port surface acoustic wave resonators are arranged on the piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected to constitute a ladder shape circuit. In addition, in the

one-port surface acoustic wave resonator 4a arranged in series, an electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode 2 (referred to as a pitch of the comb-like electrode 2)  $L_{is}$  is differentiated from a lattice arrangement cycle of the reflector 3 (referred to as a pitch of the reflector 3)  $L_{rs}$  such that  $L_{is} < L_{rs}$ .

[0060]

Then, an operation will be described. Referring to Fig. 13, the resonance frequency  $f_r$  of the one-port surface acoustic wave resonators 4a of a serial arm is made to almost coincide with the antiresonance frequency  $f_a$  of the one-port surface acoustic wave resonators 4b of a parallel arm so as to operate as the band-pass filter. This is the same as a conventional surface acoustic wave filter shown in Fig. 18. Therefore, the resonance frequency  $f_r$  of the one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm is a central frequency of the filter.

[0061]

In the one-port surface acoustic wave resonator 4 in Fig. 14 like that shown in Fig. 19, when only the pitch  $L_i$  of the comb-like electrode 2 is changed while the pitch  $L_r$  of the reflector 3 is constant, the change of the resonance frequency  $f_r$  and the antiresonance frequency  $f_a$  are calculated using an equivalent circuit model. Since the axis of abscissas is  $L_i/L_r$ , when  $L_i/L_r$  is equal to 1, the pitches of the comb-like electrode

2 and the reflector 3 become the same. Even when the pitch  $L_i$  of the comb-like electrode 2 is changed, the distance between the comb-like electrode 2 and the reflector 3 is made constant. It can be seen from the drawing that when the pitch  $L_i$  of the comb-like electrode 2 is changed, the resonance frequency  $f_r$  and the antiresonance frequency  $f_a$  are changed together, the frequency difference between the resonance frequency  $f_r$  and the antiresonance frequency  $f_a$  is not changed so much.

[0062]

A lower limit frequency and an upper limit frequency of a stop band of the reflector 3 are shown by dotted lines in Fig. 14. When the pitches of the comb-like electrode 2 and the reflector 3 are the same, the resonance frequency  $f_r$  is almost equal to the lower limit frequency of the stop band of the reflector 3. Therefore, since it is brought out of the stop band of the reflector 3 at the frequency lower than the resonance frequency  $f_r$  even a little, reflection efficiency of the reflector 3 is reduced.

[0063]

In Fig. 13, the pitch  $L_{is}$  of the comb-like electrode 2 is differentiated from the pitch  $L_{rs}$  of the reflector 3 in the one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm such that  $L_{is} < L_{rs}$ . Therefore, as can be seen from Fig. 14, the resonance frequency  $f_r$  is higher than the lower limit frequency of the stop band of the reflector 3. At this time,

since even when the frequency lower than the resonance frequency  $f_r$  a little, it is included in the stop band, larger reflection efficiency can be provided.

[0064]

As described above, the resonance frequency  $f_r$  of the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm is the central frequency of the filter. Therefore, when the pitches of the comb-like electrode 2 and the reflector 3 are changed as shown in Fig. 13, the loss is reduced, which is caused by the reduction of the reflection efficiency of the reflector 3 at the frequency lower than the central frequency of the filter, and insertion loss of the filter at the pass band can be reduced. In addition, frequency band of the serial arm and the parallel arm which overlaps with the stop band of the reflector 3 can be increased, whereby the pass band of the filter can be further increased.

[0065] Embodiment 9

Fig. 15 illustrates a constitution according to an embodiment 9 of the present invention. In Fig. 15, reference numerals 1 to 4 are the same as those shown in Fig. 13. Referring to the drawing, a plurality of one-port surface acoustic wave resonators 4 are arranged on a piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected to constitute a ladder shape circuit. In addition, as shown in the drawing, when pitches of a comb-like electrode 2 and a reflector 3 in a one-port surface

acoustic wave resonator 4a of a serial arm are  $L_{is}$  and  $L_{rs}$ , respectively, and the pitches of the comb-like electrode 2 and the reflector 3 in a one-port surface acoustic wave resonator 4b of a parallel arm are  $L_{ip}$  and  $L_{rp}$ , respectively, they are made such that  $L_{is}/L_{rs} < 1$  and  $L_{ip}/L_{rp} > 1$ . At this time,  $L_{is}/L_{rs} < L_{ip}/L_{rp}$  are provided.

[0066]

An operation of the embodiment 9 is the same as that of the embodiment 8. However, in the embodiment 9, the pitch  $L_{ip}$  of the comb-like electrode 2 is differentiated from the pitch  $L_{rp}$  of the reflector 3 in the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm also such that  $L_{ip}/L_{rp} > 1$ . At this time, as can be seen from Fig. 14, the antiresonance frequency  $f_a$  can be more close to the central frequency of the stop band of the reflector 3 as compared with the case where the pitches are the same. Therefore, the frequency width included in the stop band of the reflector 3 can be further increased at the frequency higher than the antiresonance frequency  $f_a$ .

[0067]

Since the antiresonance frequency  $f_a$  of the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm is also the central frequency of the filter, the frequency width can be increased at the frequency higher than the central frequency of the filter without reducing the reflection efficiency of

the reflector 3 and the frequency width of the serial arm and parallel arm which overlaps with the stop band of the reflector 3 can be increased in Fig. 15. As a result, the pass band of the filter can be increased larger than that in Fig. 13.

[0068]

In addition, in Fig. 15, there are two one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm and intersection widths are differentiated from each other. Thus, the intersection widths of the one-port surface acoustic wave resonator 4 may be changed respectively. Similarly, even when there are three or more one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm, the respective intersection widths may be changed and there are several kinds of method of changing. This is the same as for the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm.

[0069]

At this time, when the intersection widths of the one-port surface acoustic wave resonator 4a of the serial arm and the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm are changed so as to be a desired value, the band-pass characteristic of the filter can be close to various kinds of characteristics such as amplitude flat characteristic, an amplitude wave characteristic (Chebyshev characteristic), a delay flat characteristic or the like which is known in the transmission circuit theory, so that any characteristic can

be provided.

[0070]

Furthermore, although it is not shown in Fig. 15, it is not necessary to make all of the resonance frequencies  $f_r$  of the one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm the same, and they can be changed respectively. Thus, as described above, this can be easily implemented by changing the pitch  $L_i$  of the comb-like electrode 2, the pitch  $L_r$  of the reflector 3 or these ratio  $L_i/L_r$ . In addition, the antiresonance frequency  $f_a$  of the one-port surface acoustic wave resonator 4b of the parallel arm also may be changed. In this case also, the band-pass characteristic can be close to the various kinds of characteristics by changing the resonance frequency  $f_r$  and the antiresonance frequency  $f_a$  to be desired values.

[0071] Embodiment 10

Fig. 16 illustrates a constitution according to an embodiment 10 of the present invention. In Fig. 16, reference numerals 1 to 4, 6, and 7 are the same as those in Fig. 13. Like in Fig. 13, a plurality of one-port surface acoustic wave resonators 4 are arranged on a piezoelectric substrate 1 and they are electrically connected to a ladder shape circuit. In addition, referring to Fig. 13, there are three one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm among five one-port surface acoustic wave resonators 4 and these three one-port



surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm are adjacently disposed.

[0072]

An operation of the embodiment 10 is also the same as those in the embodiments 8 and 9. However, according to the embodiment 10, since three one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm are adjacently disposed, the distance between an input terminal 6 and an output terminal 7 can be shortened as compared with the case where the same number of the one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm and the one-port surface acoustic wave resonators 4b of the parallel arm are alternately arranged. Therefore, a wire or a line connecting the one-port surface acoustic wave resonators 4a of the serial arm can be shortened and an influence of these resistance components can be reduced. As a result, there can be provided a surface acoustic wave filter with a small insertion loss.

[0073]

At this time, on the contrary, the length of a wire or a line connecting the one-port surface acoustic wave resonators 4b of the serial arm is increased and the resistance components are increased. However, since the impedance of the serial arm is as large as infinite originally at the pass band of the filter, even when the resistance components are increased, the insertion loss of the filter hardly changes and the characteristic with

a small loss can be provided.

[0074]

Although the one-port surface acoustic wave resonator 4 is provided on the same piezoelectric substrate 1 according to the embodiments 8 to 10, the present invention is not limited to this and the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the comb-like electrode 2 may be disposed on separate piezoelectric substrates 1. In this case, another kind of piezoelectric substrate 1 may be used. In addition, the number of the one-port surface acoustic wave resonators 4a and 4b are not limited to those shown in the above embodiments and it may be selected according to the desired value of the amount of out-of-band attenuation and the insertion loss.

[0075] Embodiment 11

Fig. 17 illustrates a constitution according to an embodiment 11 of the present invention. In Fig. 17, reference numerals 4a, 4b, 6 and 7 are the same as those shown in Figs. 18 and 13, and reference numeral 9 designates an inductor. Similar to Fig. 13, a plurality of one-port surface acoustic wave resonators 4a of a serial arm and one-port surface acoustic wave resonators 4b of a parallel arm are connected between an input terminal 6 and an output terminal 7. However, Fig. 17 is different from Fig. 13 in that the inductor 9 is connected to the one-port surface acoustic wave resonator 4 in series or in parallel. In addition, the inductor 9 is connected over

the plural one-port surface acoustic wave resonators 4.

[0076]

An operation of the embodiment 11 is also the same as those according to the embodiments 8 to 10, which operates as a band-pass filter with a small loss. However, according to the embodiment 11, the inductor 9 is connected the one-port surface acoustic wave resonator 4 in series, for example. At this time, referring to the impedance characteristic combining the one-port surface acoustic wave resonator 4 with the inductor 9, an imaginary part of the impedance is increased as a whole as much as the inductor 9 is connected, as compared with the impedance of the one-port surface acoustic wave resonator 4 itself shown in Fig. 20. Therefore, the antiresonance frequency  $f_a$  is constant but the resonance frequency  $f_r$  is lowered, so that the difference between  $f_r$  and  $f_a$  is increased. In addition, when the inductor 9 is connected in parallel, the imaginary part of a reciprocal number of the impedance is decreased as a whole as much as the inductor 9 is connected. At this time, the resonance frequency  $f_r$  does not change but the antiresonance frequency  $f_a$  is increased, that is, the difference between  $f_r$  and  $f_a$  is increased also.

[0077]

As described above, when the inductor 9 is connected, the frequency difference between the resonance frequency  $f_r$  and the antiresonance frequency  $f_a$  of the one-port surface

acoustic wave resonator 4 is increased apparently. Therefore, in the pass characteristic of the filter shown in Fig. 21, the frequency distance between the two attenuation poles can be increased, whereby there can be provided a surface acoustic wave filter having a large pass band width.

[0078]

Furthermore, according to the embodiment 11, the inductor 9 is connected over the plural one-port surface acoustic wave resonators 4. As described above, the one-port surface acoustic wave resonator 4 shows the capacitive impedance characteristic at the frequency apart from the pass band of the filter. Therefore, when the inductor 9 having the inductive impedance is connected, the out-of-band pass signals are negated with each other and the attenuation pole can be formed in the pass characteristic. Therefore, there can be provided a surface acoustic wave filter having a large amount of out-of-band attenuation.

[0079]

According to the embodiment 11, it is not necessary to use all of the inductors 9 shown in Fig. 17 and when at least one inductor 9 is connected, the effect of the present invention can be obtained. Any structure of the inductor 9 may be used. For example, it may be formed at the same piezoelectric substrate 1 on which the one-port surface acoustic wave resonator 4 is formed or it may be formed of metal wire or the like. When

the one-port surface acoustic wave resonator 4 is mounted on a package, the inductor 9 may be provided in the same package or the inductor 9 is provided outside and connected. Furthermore, the method of connecting the inductor 9 is not limited to that shown in Fig. 17 and various kinds of methods can be used.

[0080]

Referring to the above embodiments 1 to 11, the piezoelectric substrate 1 may be formed of a single crystal or an piezoelectric thin film formed on another substrate and so long as it excites the surface acoustic wave, it may be formed of any material. In addition, the surface acoustic wave is not limited to Rayleigh wave and a surface wave such as a pseudo-surface acoustic wave may be used. In addition, in the above embodiments, instead of the one-port surface acoustic wave resonator 4 and the comb-like electrode 1 used as the circuit elements, the same or the different two or more one-port surface acoustic wave resonators 4 and the comb-like electrodes 2 may be connected in series or in parallel. In this case also, the effect of the invention can be provided.

[0081]

[Effect of the Invention]

According to the present invention of claim 1, since the surface acoustic wave filter is constituted by the one-port surface acoustic wave resonator and the two-port surface

acoustic wave resonator, spurious of the two-port surface acoustic wave resonator can be canceled by an attenuation pole of the one-port surface acoustic wave resonator and there is an effect that a surface acoustic wave filter having a large amount of out-of-band attenuation with a small loss can be obtained.

[0082]

According to the present invention of claim 2, since the one-port surface acoustic wave resonator and the two-port surface acoustic wave resonator are connected symmetrically across the input terminal and the output terminal, the impedance of the input terminal can be equal to the impedance of the output terminal and matching with an outer circuit can be easily implemented, whereby there is an effect that a surface acoustic wave filter with a small loss can be provided.

[0083]

According to the present invention of claim 3, since the two-port surface acoustic wave resonator having three or more comb-like electrodes is used, there is an effect that a surface acoustic wave filter having a large pass band can be provided.

[0084]

According to the present invention of claims 4 and 5, since the one-port surface acoustic wave resonator and the comb-like electrode exciting the surface acoustic wave are connected so as to be in ladder shape, the input signal can

be converted to the surface acoustic wave at a specific out-of-band frequency and there is an effect that a surface acoustic wave filter having a large amount of out-of-band attenuation can be provided at this frequency.

[0085]

According to the present invention of claim 6, since the electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode and the lattice arrangement cycle of the reflector of the one-port surface acoustic wave resonator are differentiated in the surface acoustic wave filter in which the one-port surface acoustic wave resonators are connected so as to be in ladder shape, the stop band of the reflector can be effectively used and there is an effect that a surface acoustic wave filter having a large pass band with a small insertion loss can be obtained.

[0086]

According to the present invention of claim 7, since the electrode finger arrangement cycle of the comb-like electrode and the lattice arrangement cycle of the reflector of the respective one-port surface acoustic wave resonators of the series arm and the parallel arm are made to satisfy a predetermined relation, the stop band of the reflector can be further effectively used and there is an effect that a surface acoustic wave filter having a further large pass band can be obtained.

[0087]

According to the present invention of claim 8, since at least one resonance frequency is differentiated from the others among the one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm, there is provided a surface acoustic wave filter having a desired in-band pass characteristic.

[0088]

According to the present invention of claim 9, since at least one antiresonance frequency is differentiated from the others among the one-port surface acoustic wave resonators of the parallel arm, there is provided a surface acoustic wave filter having a desired in-band pass characteristic.

[0089]

According to the present invention of claim 10, since a plurality of one-port surface acoustic wave resonators of the serial arm are adjacently arranged, a line or the like between the input and output terminals can be shortened and there is an effect that a surface acoustic wave filter with a small insertion loss can be provided.

[0090]

According to the present invention of claim 11, since the one-port surface acoustic wave resonators are connected so as to be in ladder shape and an inductor is connected, there is provided a surface acoustic wave filter having a large pass band width and a large amount of out-of-band attenuation.

[Brief Description of the Drawings]



[Fig. 1] It illustrates a constitution according to an embodiment 1 of the present invention.

[Fig. 2] It is a view for explaining an operation according to the embodiment 1 of the present invention.

[Fig. 3] It is a view for explaining an operation according to the embodiment 1 of the present invention.

[Fig. 4] It illustrates a constitution according to an embodiment 2 of the present invention.

[Fig. 5] It illustrates a constitution according to an embodiment 3 of the present invention.

[Fig. 6] It is a view for explaining an operation according to the embodiment 3 of the present invention.

[Fig. 7] It illustrates a constitution according to an embodiment 4 of the present invention.

[Fig. 8] It is a view for explaining an operation according to the embodiment 4 of the present invention.

[Fig. 9] It is a view for explaining an operation according to the embodiment 4 of the present invention.

[Fig. 10] It illustrates a constitution according to an embodiment 5 of the present invention.

[Fig. 11] It illustrates a constitution according to an embodiment 6 of the present invention..

[Fig. 12] It illustrates a constitution according to an embodiment 7 of the present invention.

[Fig. 13] It illustrates a constitution according to an

embodiment 8 of the present invention.

[Fig. 14] It is a view for explaining an operation according to the embodiment 8 of the present invention.

[Fig. 15] It illustrates a constitution according to an embodiment 9 of the present invention.

[Fig. 16] It illustrates a constitution according to an embodiment 10 of the present invention.

[Fig. 17] It illustrates a constitution according to an embodiment 11 of the present invention.

[Fig. 18] It illustrates a constitution of a conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 19] It is a view for explaining an operation of the conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 20] It is a view for explaining an operation of the conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 21] It is a view for explaining an operation of the conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 22] It is a view for explaining an operation of the conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 23] It illustrates a constitution of a conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 24] It is a view for explaining an operation of the conventional surface acoustic wave filter.

[Fig. 25] It is a view for explaining an operation of the conventional surface acoustic wave filter.

[Description of the reference numerals]

- 1 Piezoelectric substrate
- 2 Comb-like electrode
- 3 Reflector
- 4 One-port surface acoustic wave resonator
- 5 Two-port surface acoustic wave resonator
- 6 Input terminal
- 7 Output terminal
- 8 Capacitor

[Amendment of Proceedings]

[Filing Date] 07.01.1993

[Amendment of Proceedings 1]

[Document Name of Object for Amendment] Specification

[Item Name of Object for Amendment] Claim 5

[Method of Amendment] Modification

[Contents of Amendment]

[Claim 5]

A surface acoustic wave filter characterized in that in a one-port surface acoustic wave resonator and a comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected in ladder shape, a part of said comb-like electrode is replaced with a capacitor.

[Amendment of Proceedings 2]

[Document Name of Object for Amendment] Specification

[Item Name of Object for Amendment] 0002

[Method of Amendment] Modification

[Contents of Amendment]

[Prior Art]

Fig. 18 illustrates a constitution of this kind of conventional surface acoustic wave filter disclosed in US92-52, pp.9-16 in the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Technical Research (supersonic wave), for example. In Fig. 18, reference numerals 4a and 4b designate one-port surface acoustic wave resonators, reference numeral

6 designates an input terminal and reference numeral 7 designates an output terminal. Referring to the drawing, a plurality of one-port surface acoustic wave resonators 4a inserted to a serial arm and one-port surface acoustic wave resonators 4b inserted to a parallel arm are connected so as to be in ladder shape between the input terminal 6 and the output terminal 7. A general constitution of the one-port surface acoustic wave resonators 4a and 4b in Fig. 18 is shown in Fig. 19. In Fig. 19, reference numeral 1 designates a piezoelectric substrate, reference numeral 2 designates a comb-like electrode, and reference numeral 3 designates a reflector. The comb-like electrode 2 and the two reflectors 3 are arranged on the piezoelectric substrate 1 to constitute a one-port surface acoustic wave resonator 4.

[Amendment of Proceedings 3]

[Document Name of Object for Amendment] Specification

[Item Name of Object for Amendment] 00018

[Method of Amendment] Modification

[Contents of Amendment]

[0018]

A surface acoustic wave filter according to the present invention of claim 5 is characterized in that in a one-port surface acoustic wave resonator and a comb-like electrode exciting a surface acoustic wave are connected in ladder shape, a part of the comb-like electrode is replaced with a capacitor.

Fig. 3

- 1 Frequency
- 2 Amount of attenuation
- 3 Attenuation pole
- 4 Spurious

Fig. 6

- 5 Amplitude
- 6 Zero order symmetric mode
- 7 Second order symmetric mode
- 8 Pass band
- 9 Capacitor

Fig. 20

- 1 Impedance imaginary part
- 2 Frequency
- 3 Normal band
- 4 Amount of attenuation
- 5 Attenuation pole
- 6 Reflector stop band
- 7 Inductor

Fig. 22

- 1 Reflective efficiency
- 2 Stop band
- 3 Frequency
- 4 Amplitude
- 5 Symmetric mode

- 6 Antisymmetric mode
- 7 Normal band
- 8 Amount of attenuation
- 9 Frequency
- 10 Spurious

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-260876

(43) 公開日 平成6年(1994)9月16日

| (51) Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号  | 庁内整理番号     | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|-------|------------|-----|--------|
| H 0 3 H                   | 9/145 | Z 7259-5 J |     |        |
|                           | 9/64  | Z 7259-5 J |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平5-48055

(22) 出願日 平成5年(1993)3月9日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 永塚 勉

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式  
会社電子システム研究所内

(72) 発明者 和高 修三

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式  
会社電子システム研究所内

(72) 発明者 三須 幸一郎

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式  
会社電子システム研究所内

(74) 代理人 弁理士 高田 守

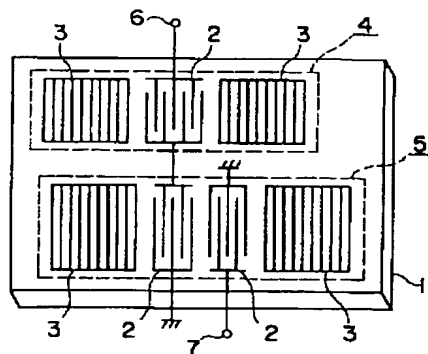
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 弾性表面波フィルタ

(57) 【要約】

【目的】 挿入損失が小さく帯域外減衰量が大きい弾性表面波フィルタを得る。

【構成】 弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続するとともに、上記弾性表面波共振器として1端子対共振器と2端子対共振器を共に用いた。



- 1 圧電体基板
- 2 すだれ状電極
- 3 反射器
- 4 1端子対弾性表面波共振器
- 5 2端子対弾性表面波共振器
- 6 入力端子
- 7 出力端子



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記弾性表面波共振器に1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用いたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項2】 弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記弾性表面波共振器に1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用い、かつ、上記1端子対弾性表面波共振器と上記2端子対弾性表面波共振器とを、入力端子と出力端子に対して対称に接続したことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項3】 弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記弾性表面波共振器に1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用い、かつ上記2端子対弾性表面波共振器は3個以上のすだれ状電極を有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項4】 1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続したことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項5】 1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続し、上記すだれ状電極の一部をキャパシタに置き換えたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項6】 直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つは、すだれ状電極と反射器とを有し、かつ、上記すだれ状電極の電極指配列周期と上記反射器の格子配列周期が異なることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項7】 直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として、すだれ状電極と反射器とを有する1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器の、上記すだれ状電極の電極指配列周期および上記反射器の格子配列周期をそれぞれ $L_{is}$ 、 $L_{rs}$ とし、上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器の、上記すだれ状電極の電極指配列周期および上記反射器の格子配列周期をそれぞれ $L_{ip}$ 、 $L_{rp}$ としたとき、 $L_{is}/L_{rs} < L_{ip}/L_{rp}$ としたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項8】 直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾

性表面波共振器とを梯子形に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つは、他の上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と、共振周波数が異なることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項9】 直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つは、他の上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器と、反共振周波数が異なることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項10】 直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続してなる弾性表面波フィルタにおいて、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器を複数個有し、上記複数個の直列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも2つを隣接して配置したことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項11】 直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続し、かつ、インダクタを接続したことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、移動体通信装置の高周波回路などに用いられる弾性表面波フィルタに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 図18は、例えば文献「電子情報通信学会技術研究報告(超音波)」、US92-52、pp. 9-16に示された、従来のこの種の弾性表面波フィルタの構成を示したものである。図18において、4a、4bは1端子対弾性表面波共振器、6は入力端子、7は出力端子である。図において、直列腕に挿入した1端子対弾性表面波共振器4aと並列腕に挿入した1端子対弾性表面波共振器4bを、入力端子6と出力端子7の間に、複数個梯子型に接続している。図18における1端子対弾性表面波共振器4a、4bの一般的な構成を図19に示す。図19において、1は圧電体基板、2はすだれ状電極、3は反射器である。圧電体基板1上にすだれ状電極2と2つの反射器3を配置して1端子対弾性表面波共振器4を構成している。

【0003】 次に、動作について説明する。図19の端子間に電気信号を印加すると、すだれ状電極2から弾性表面波が励振される。すだれ状電極2の両側に設けられた反射器3は、弾性表面波を反射する。このため、励振

された弾性表面波は、両側の反射器3の間で多重反射を起こし、共振が生じる。

【0004】図20は、図19に示した1端子対弾性表面波共振器4のインピーダンス特性を示したものである。図中、縦軸はインピーダンスの虚数部を示している。インピーダンスは共振周波数 $f_r$ で零となり、反共振周波数 $f_a$ で無限大となる。また、共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ との間ではインピーダンスは誘導性となり、それ以外の周波数ではインピーダンスは容量性となる。

【0005】図18では、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの共振周波数 $f_r$ と並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの反共振周波数 $f_a$ とを一致させている。この周波数を $f_0$ とすれば、周波数 $f_0$ 付近では、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aのインピーダンスは小さく、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bのインピーダンスは大きいため、入力端子6へ入力した電気信号は、ほとんど減衰せずに出力端子7から出力し、通過電力が大きくなる。逆に、 $f_0$ から離れた周波数では、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aのインピーダンスが大きく、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bのインピーダンスは小さくなっていくため、入力端子6へ入力した電気信号は、ほとんど出力端子7から出力されず、通過電力が小さくなる。したがって、 $f_0$ 近傍を通過帯域とし、それ以外の周波数を減衰帯域とするバンドパスフィルタとして動作する。

【0006】図21に、図18に示した弾性表面波フィルタの通過特性を示す。直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの反共振周波数と並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの共振周波数に対応して、それぞれ通過帯域の高域側と低域側に減衰極が生じる。しかしながら、減衰極より離れた周波数では、再び通過電力が大きくなる。これは、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aと並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bがともに容量性のインピーダンスとなり、入力端子6へ入力した電気信号の一部が、出力端子7に出力してしまうためである。このため、通過帯域から離れた周波数において、十分な帯域外減衰量を得にくい欠点がある。

【0007】また、実際には、反射器3はどんな周波数の弾性表面波も反射するわけではなく、反射が生じる周波数帯域は限られている。図22は、反射器3の反射効率の周波数特性を示したものである。ストップバンドと呼ばれる帯域では、反射器3に入射した弾性表面波はほとんど完全に反射するが、それ以外の帯域では反射効率が著しく低下する。反射器3のストップバンドの幅は、反射器3を形成している金属膜の厚さなどによって変えることができ、一般には金属膜を厚くするほど大きくできる。しかし、金属膜を厚くするほどバルク変換損などが増え、反射効率が全体に低下してしまう。このため、反射器3のストップバンドの幅には限界がある。

【0008】反射器3の反射効率が小さいと弾性表面波が反射されず、1端子対弾性表面波共振器4に入力した電力に損失が生じる。したがって、弾性表面波フィルタを構成した際、通過帯域の損失が大きくなってしまう。しかも、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの反射器3のストップバンドと、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの反射器3のストップバンドとは、一般に帯域がずれているので、両者が重なる周波数範囲以外では電力の損失が生じ、フィルタの損失が大きくなる。このため、直列腕と並列腕の反射器3のストップバンドが重なっている幅によって、弾性表面波フィルタの通過帯域幅が制限されてしまう。

【0009】さらに、図18において、1端子対弾性表面波共振器4a、4bの間の接続は、実際には、金属のワイヤで結線されたり、圧電体基板1上に金属膜からなる線路を形成して接続されたりする。このため、入力端子6と出力端子7の間で、ワイヤや線路の長さが長くなると、これらの抵抗成分が増加し弾性表面波フィルタの損失が全体的に大きくなってしまう。

【0010】次に、従来の弾性表面波フィルタの他の構成について述べる。図23は、例えば文献「1990年電子情報通信学会秋季全国大会」、SA-10-3に示された、従来のこの種の弾性表面波フィルタの他の構成を示したものである。図23において、1は圧電体基板、2はすだれ状電極、3は反射器、5は2端子対弾性表面波共振器、6は入力端子、7は出力端子である。図23において、圧電体基板1上に2つのすだれ状電極2と、その両側に反射器3を配置することにより、2端子対弾性表面波共振器5を構成している。また、2端子対弾性表面波共振器5の2つのすだれ状電極2のうち一方を入力端子6に、他方を出力端子7に接続している。

【0011】次に、動作について説明する。入力端子6に電気信号を入力すると、一方のすだれ状電極2から弾性表面波が励振される。弾性表面波は反射器3で反射されるため、2つの反射器3の間で多重反射し、特定の周波数において共振する。共振した弾性表面波の一部は他方のすだれ状電極2で再び電気信号に変換され出力端子7から出力する。図24は、図23に示した2端子対弾性表面波共振器5の共振周波数における振幅分布を示したものである。図中に実線で示す対称モードと、破線で示す反対称モードとが生じ、これら2つモードの共振周波数は若干異なっている。この共振周波数の差を所要の値にすれば、バンドパス特性を有する2重モードフィルタが得られる。

【0012】図25に、図23に示した弾性表面波フィルタの通過特性を示す。通過帯域から離れた周波数では、すだれ状電極2から弾性表面波があまり励振されないため、図21に比べて大きい減衰量が得られる。しかし、通過帯域の近傍で、通過帯域よりやや高域側に減衰量が小さい部分が生じている。これは、通過帯域よりや

や高い周波数でも、すだれ状電極2中での弾性表面波の多重反射が生じてしまい、この共振がスプリアスとなるためである。スプリアスのレベルを低減するため、2端子対弾性表面波共振器5を多数縦続接続して段数を増やす事が考えられるが、同時に通過帯域の挿入損失も増加してしまう。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の弾性表面波フィルタでは、1端子対弾性表面波共振器4のみを用いて構成していたり、2端子対弾性表面波共振器5のみを用いて構成しているため、通過帯域から離れた周波数や通過帯域の近傍において、帯域外減衰量が小さくなる問題がある。さらに、帯域外減衰量を大きくするために段数を増やすと、挿入損失が大きくなるなどの欠点が生じる。さらに、1端子対弾性表面波共振器4を梯子形に接続して構成した場合では、反射器3のストップバンドの制限により、挿入損失が大きくなったり、通過帯域幅が狭くなるなどの欠点が生じる。この発明は、上述した問題点を解決するためになされたもので、損失が小さく帯域外減衰量が大きい弾性表面波フィルタを得ることを目的とする。また、損失が小さく通過帯域幅の広い弾性表面波フィルタを得ることを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る弾性表面波フィルタは、弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続し、上記弾性表面波共振器に1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用いたことを特徴とするものである。

【0015】請求項2の発明に係る弾性表面波フィルタは、弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続し、上記弾性表面波共振器に1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用い、かつ、上記1端子対弾性表面波共振器と上記2端子対弾性表面波共振器とを、入力端子と出力端子に対して対称に接続したことを特徴とするものである。

【0016】請求項3の発明に係る弾性表面波フィルタは、弾性表面波共振器を複数個電氣的に接続し、上記弾性表面波共振器に1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用い、かつ上記2端子対弾性表面波共振器は3個以上のすだれ状電極を有することを特徴とするものである。

【0017】請求項4の発明に係る弾性表面波フィルタは、1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続したことを特徴とするものである。

【0018】請求項5の発明に係る弾性表面波フィルタは、1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続し、上記すだれ状電極の一部をキャパシタに置き換えたことを特徴とするものである。

【0019】請求項6の発明に係る弾性表面波フィルタは、直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続し、上記1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つは、すだれ状電極と反射器とを有し、かつ、上記すだれ状電極の電極指配列周期と上記反射器の格子配列周期が異なることを特徴とするものである。

【0020】請求項7の発明に係る弾性表面波フィルタは、直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として、すだれ状電極と反射器とを有する1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続し、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器の、上記直列腕のすだれ状電極の電極指配列周期および上記反射器の格子配列周期をそれぞれ $L_{1s}$ 、 $L_{1r}$ とし、上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器の、上記すだれ状電極の電極指配列周期および上記反射器の格子配列周期をそれぞれ $L_{1p}$ 、 $L_{1r}$ としたとき、 $L_{1s}/L_{1r} < L_{1p}/L_{1r}$ としたことを特徴とするものである。

【0021】請求項8の発明に係る弾性表面波フィルタは、直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続し、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つは、他の上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と、共振周波数が異なることを特徴とするものである。

【0022】請求項9の発明に係る弾性表面波フィルタは、直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続し、上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つは、他の上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器と、反共振周波数が異なることを特徴とするものである。

【0023】請求項10の発明に係る弾性表面波フィルタは、直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波共振器とを梯子形に接続し、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器を複数個有し、上記複数個の直列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも2つを隣接して配置したことを特徴とするものである。

【0024】請求項11の発明に係る弾性表面波フィルタは、直列腕の構成要素および並列腕の構成要素として1端子対弾性表面波共振器を用い、上記直列腕の1端子対弾性表面波共振器と上記並列腕の1端子対弾性表面波

共振器とを梯子形に接続し、かつ、インダクタを接続したことを特徴とするものである。

【0025】

【作用】請求項1の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用いて弾性表面波フィルタを構成したので、2端子対弾性表面波共振器のスプリアスを1端子対弾性表面波共振器の減衰極で打ち消すことができ、低損失で帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる。

【0026】請求項2の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器と上記2端子対弾性表面波共振器とを、入力端子と出力端子に対して対称に接続したので、入力端子と出力端子のインピーダンスを等しくすることができ、外部回路との整合がとりやすく、低損失な弾性表面波フィルタが得られる。

【0027】請求項3の発明によれば、3個以上のすだれ状電極を有する2端子対弾性表面波共振器を用いたので、通過帯域の広い弾性表面波フィルタが得られる。

【0028】請求項4および請求項5の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続したので、帯域外の特定の周波数で入力信号を弾性表面波に変換でき、この周波数で帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる。

【0029】請求項6の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器を梯子形に接続した弾性表面波フィルタの、上記1端子対弾性表面波共振器のすだれ状電極の電極指配列周期と反射器の格子配列周期を異ならせたので、反射器のストップバンドを有効に利用でき、挿入損失が小さく通過帯域の広い弾性表面波フィルタが得られる。

【0030】請求項7の発明によれば、直列腕と並列腕の1端子対弾性表面波共振器にそれぞれの、すだれ状電極の電極指配列周期と反射器の格子配列周期を所定の関係が満たされるようにしたので、反射器のストップバンドをさらに有効に利用でき、通過帯域のさらに広い弾性表面波フィルタが得られる。

【0031】請求項8の発明によれば、直列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1の共振周波数を他と異ならせたので、所要の帯域内通過特性を有する弾性表面波フィルタが得られる。

【0032】請求項9の発明によれば、並列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つの反共振周波数を他と異ならせたので、所要の帯域内通過特性を有する弾性表面波フィルタが得られる。

【0033】請求項10の発明によれば、複数個の直列腕の1端子対弾性表面波共振器を隣接して配置したので、入出力端子間の線路等を短くでき、挿入損失の小さい弾性表面波フィルタが得られる。

【0034】請求項11の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器を梯子形に接続し、さらに、インダクタを

接続したので、通過帯域幅が広く、帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる。

【0035】

【実施例】実施例1

この発明の一実施例の構成を図1を参照しながら説明する。図1は、この発明の実施例1を示す構成図である。図1において、1は圧電体基板、2はすだれ状電極、3は反射器、4は1端子対弾性表面波共振器、5は2端子対弾性表面波共振器、6は入力端子、7は出力端子である。図において、圧電体基板1上に、1つのすだれ状電極2からなる1端子対弾性表面共振器4と、2つのすだれ状電極2からなる2端子対弾性表面波共振器5とを配置し、上記1端子対弾性表面波共振器4と、上記2端子対弾性表面波共振器5とを電氣的に接続している。

【0036】次に、動作について説明する。図1における1端子対弾性表面波共振器4は、図18に用いているものと同様に、図20に示したようなインピーダンス特性を有している。すなわち、共振周波数 $f_r$ でインピーダンスは零となり、反共振周波数 $f_a$ でインピーダンスは無限大となる。したがって1端子対弾性表面波共振器4を図2のように直列に接続して2端子対回路とすれば、入力端子6に入力した電気信号は、共振周波数 $f_r$ ではすべて出力端子7に通過し、反共振周波数 $f_a$ では全く通過せず減衰極が生じる。したがって、図3(a)のような通過特性を示す。

【0037】一方、図1における2端子対弾性表面波共振器5は、図23と同様に、図3(b)に示すような通過特性となり、通過帯域の高域側近傍 $f_s$ にスプリアスが生じる。

【0038】しかし、図1においては、上記1端子対弾性表面波共振器4と、上記2端子対弾性表面波共振器5とを縦続接続した構成となっている。さらに、図1では、図3(a)の減衰極 $f_a$ と、図3(b)のスプリアスが生じる周波数 $f_s$ が、ほぼ等しくなるように、上記1端子対弾性表面波共振器4と、上記2端子対弾性表面波共振器5を構成している。したがって、全体の通過特性は、図3(c)に示すようになり、上記2端子対弾性表面波共振器5のスプリアスが、上記1端子対弾性表面波共振器4の減衰極によって打ち消され、帯域外減衰量を大きくできる。

【0039】さらにこのとき、2端子対弾性表面波共振器5の通過帯域と、1端子対弾性表面波共振器4の共振周波数 $f_r$ とはほぼ等しくできるので、2端子対弾性表面波共振器5単体の挿入損失に対して、1端子対弾性表面波共振器4を接続したことによる挿入損失の増加は小さい。したがって、2端子対弾性表面波共振器5を多段に接続した場合に比べ、挿入損失を小さくできる。以上のように、この発明の実施例1によれば、低損失で帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる。

【0040】実施例2

図4は、この発明の実施例2を示す構成図である。図4において、1から7は図1と同様のものである。図において、圧電体基板1上に、2端子対弾性表面波共振器5を配置し、その両側に1端子対弾性表面波共振器4を1つつ配置し、上記2つの1端子対弾性表面波共振器4と上記2端子対弾性表面波共振器5とを、入力端子6と出力端子7に対して対称となるように電氣的に接続している。

【0041】次に、動作について説明する。図4における1端子対弾性表面波共振器4と2端子対弾性表面波共振器5の動作は、それぞれ、実施例1の場合と同様である。しかし、図4では、図1と異なり、1端子対弾性表面波共振器4を2つ用いているため、図3(a)における減衰極の効果が大きくなり、帯域外減衰量をより大きくできる。

【0042】さらに、図4においては、弾性表面波フィルタの構成が、入力端子6と出力端子7に対して対称な構成となっている。したがって、入力端子6からみた入力インピーダンスと出力端子7からみた入力インピーダンスが、互いに等しくなっている。弾性表面波フィルタの入力端子6と出力端子7のそれぞれに接続される外部回路のインピーダンスは、通常同一であるから、図4の構成では外部回路とのインピーダンス整合が容易になる。したがって、フィルタの不整合損失や、外部整合回路による損失が少なくなり、低損失な弾性表面波フィルタが得られる。

#### 【0043】実施例3

図5は、この発明の実施例3を示す構成図である。図5において、1から7は図1と同様のものである。図において、圧電体基板1上に、2端子対弾性表面波共振器5を配置し、その両側に1端子対弾性表面波共振器4を2つつ配置し、上記2つの1端子対弾性表面波共振器4と上記2端子対弾性表面波共振器5とを電氣的に接続している。さらに、2端子対弾性表面波共振器5として、すだれ状電極2を3個用いた、いわゆる3電極形を用いている。

【0044】次に、動作について説明する。図5における1端子対弾性表面波共振器4と2端子対弾性表面波共振器5の動作は、それぞれ、実施例1、実施例2の場合と同様である。しかし、図5では、2端子対弾性表面波共振器5のすだれ状電極2が3個あり、中央のすだれ状電極2を入力側とし、両端のすだれ状電極2を接続して出力側としている。図6は、図5における2端子対弾性表面波共振器5の共振周波数における振幅分布を示したものである。図中に実線で示す0次対称モードと、破線で示す2次対称モードとが生じ、図24に示した反対称モードは励振されない。このときも図23の場合と同様、0次対称モードと2次対称モードの共振周波数の差を所要の値にすれば、バンドパス特性を有する2重モードフィルタが得られる。

【0045】しかも、図6の0次対称モードと2次対称モードの共振周波数の差は、図24の対称モードと反対称モードの共振周波数の差よりも大きくできるので、図5における3電極形の2端子対弾性表面波共振器5の方が、図23における2電極形の2端子対弾性表面波共振器5よりも通過帯域を広くできる。したがって、実施例3では、実施例1よりもさらに通過帯域の広い弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0046】以上の実施例1から3においては、1端子対弾性表面波共振器4と2端子対弾性表面波共振器5とを同一の圧電体基板1上に配置した場合を示したが、本発明はこれに限らず、1端子対弾性表面波共振器4と2端子対弾性表面波共振器5とを別々の圧電体基板1上に配置してもよく、このとき異なる種類の圧電体基板1を用いてもよい。また、1端子対弾性表面波共振器4の数や2端子対弾性表面波共振器5の数は、以上の実施例に示したものととは限らない。一般に、1端子対弾性表面波共振器4や2端子対弾性表面波共振器5を多数縦続接続すれば、接続する数を増やすと帯域外減衰量は大きくなり、挿入損失は増加する。したがって、帯域外減衰量や挿入損失の所要値に応じて、接続数を任意に選択してよい。

【0047】さらに、以上の実施例1から3においては、1端子対弾性表面波共振器4や2端子対弾性表面波共振器5として反射器3を有するものを用いているが、これに限らず、反射器3を有さずただれ状電極2自体の共振のみを利用した弾性表面波共振器を用いてもよい。

#### 【0048】実施例4

図7は、この発明の実施例4を示す構成図である。図7において、1は圧電体基板、2はすだれ状電極、3は反射器、4は1端子対弾性表面波共振器、6は入力端子、7は出力端子である。図において、圧電体基板1上に、1端子対弾性表面波共振器4と、すだれ状電極2を配置し、これらを電氣的に接続し、逆L形回路を構成している。

【0049】次に、動作について説明する。図8は、この発明の実施例4の動作を説明するための図であり、8はキャパシタである。図8において、入力端子6と出力端子7との間に、1端子対弾性表面波共振器4を直列に、キャパシタ8を並列に、それぞれ挿入している。1端子対弾性表面波共振器4は、前述したように、図20のようなインピーダンス特性を有しているため、共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ との間で誘導性インピーダンスとなる。このとき、キャパシタ8は容量性のインピーダンスであるため、図8の回路は、伝送回路理論で良く知られている定K形フィルタと同様の低損失なバンドパスフィルタが得られる。ただし、1端子対弾性表面波共振器4の反共振周波数 $f_a$ では、減衰極が生じるので、通過特性は図9の実線に示すように通過帯域の高域側に減衰極を有する特性となる。

【0050】図7では、図8のキャパシタ8を、すだれ状電極2で置き換えた構成となっている。すだれ状電極2のインピーダンスは、弾性表面波を励振する周波数以外の周波数では、キャパシタ8と同様の容量性の特性を示す。したがって、図7に示す弾性表面波フィルタは、すだれ状電極2が弾性表面波を励振する周波数以外の周波数では、図8に示したフィルタと同様の特性を示す。したがって、通過帯域特性も図8と同様に低損失にできる。しかし、すだれ状電極2が弾性表面波を励振する周波数では、すだれ状電極2に入力した電気信号は弾性表面波に変換され、電力の損失が生じる。したがって、図9の破線に示すように、すだれ状電極2が弾性表面波を励振する周波数 $f_1$ で、入力信号の電力が損失を受け、出力信号の電力が小さくなる。したがって、周波数 $f_1$ で通過特性の減衰量が大きくすることができる。このとき、弾性表面波が励振される周波数 $f_1$ は、すだれ状電極2の電極指配列周期を変えることにより自由に変えることができるから、帯域外の任意の周波数で減衰量を大きくすることができる。

#### 【0051】実施例5

図10は、この発明の実施例5を示す構成図である。図10において、1から7は図7と同様のものである。図において、圧電体基板1上に、2つの1端子対弾性表面波共振器4と、すだれ状電極2を配置し、これらを電氣的に接続し、T形回路を構成している。

【0052】次に、動作について説明する。図10の構成は、図7に示した弾性表面波フィルタを2個、出力端子7どうして接続し、中央にできる2個並列に並んだすだれ状電極2を1つにまとめたものである。したがって、図7と同様のバンドパスフィルタとして動作する。しかも、図7よりもフィルタの段数が増える分、帯域外減衰量を大きくでき、急峻なフィルタ特性が得られる。この場合も、すだれ状電極2から弾性表面波が励振される周波数を変えることにより帯域外の任意の周波数で減衰量をさらに大きくすることができる。

#### 【0053】実施例6

図11は、この発明の実施例6を示す構成図である。図11において、1から7は図7と同様のものである。図において、圧電体基板1上に、1端子対弾性表面波共振器4と、すだれ状電極2を配置し、これらを電氣的に接続し、逆L形回路を構成している。しかし、図11では、図7と異なり、入力端子6と出力端子7との間に、すだれ状電極2を直列に、1端子対弾性表面波共振器4を並列に、それぞれ挿入している。

【0054】図11も、図7と同様にバンドパスフィルタとして動作する。この場合は、1端子対弾性表面波共振器4の共振周波数 $f_r$ で減衰極が生じるので、通過特性は通過帯域の低域側に減衰極を有する特性となる。しかし、図11も図7と同様にすだれ状電極2から弾性表面波が励振される周波数を変えることにより、帯域外の

任意の周波数で減衰量をさらに大きくすることができることはいうまでもない。

#### 【0055】実施例7

図12は、この発明の実施例7を示す構成図である。図12において、1から7は図7と同様のものである。図において、圧電体基板1上に、2つのすだれ状電極2と、1端子対弾性表面波共振器4を配置し、これらを電氣的に接続し、T形回路を構成している。

【0056】図12の構成は、図11に示した弾性表面波フィルタを2個、出力端子どうして接続し、中央にできる2個並列に並んだ1端子対弾性表面波共振器を1つにまとめたものである。したがって、図11と同様のバンドパスフィルタとして動作し、図11よりも急峻なフィルタ特性が得られる。この場合も、すだれ状電極2から弾性表面波が励振される周波数を変えることにより帯域外の任意の周波数で減衰量をさらに大きくすることができる。さらに、上下2つのすだれ状電極2について、弾性表面波が励振される周波数を、それぞれ異ならせることにより、異なる2つの帯域で減衰量を大きくすることができる効果がある。

【0057】以上の実施例4から7においては、弾性表面波フィルタの回路構成を、逆L形やT形としたものについて示したが、本発明はこれに限らず、 $\pi$ 形の回路構成としてもよく、より段数を増やしてもよい。さらに、すだれ状電極2の変わりに、キャパシタ8を一部残しても構わない。また、多数のすだれ状電極2がある場合、これらから弾性表面波が励振される周波数は、個別に変えてもよいし、同一のものであってもよい。

【0058】また、以上の実施例4から7においては、1端子対弾性表面波共振器4とすだれ状電極2とを同一の圧電体基板1上に配置した場合を示したが、本発明はこれに限らず、1端子対弾性表面波共振器4とすだれ状電極2とを別々の圧電体基板1上に配置してもよく、このとき異なる種類の圧電体基板1を用いてもよい。

#### 【0059】実施例8

図13は、この発明の実施例8を示す構成図である。図13において、1は圧電体基板、2はすだれ状電極、3は反射器、4a、4bは1端子対弾性表面波共振器、6は入力端子、7は出力端子である。図において、圧電体基板1上に、1端子対弾性表面波共振器4を複数個配置し、これらを電氣的に接続して梯子形回路を構成している。また、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aにおいて、すだれ状電極2の電極指配列周期（以下、すだれ状電極2のピッチという） $L_{is}$ と、反射器3の格子配列周期（以下、反射器3のピッチという） $L_{rs}$ とを異ならせ、 $L_{is} < L_{rs}$ としている。

【0060】次に、動作について説明する。図13において、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの共振周波数 $f_r$ と並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの共振周波数 $f_a$ とをほぼ一致させ、バンドパスフィルタ

として動作させている。これは、図18に示した従来の弾性表面波フィルタと同様である。したがって、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの共振周波数 $f_r$ は、フィルタの中心周波数となる。

【0061】図14は、図19に示したものと同様の1端子対弾性表面波共振器4において、反射器3のピッチ $L_r$ を一定としたまま、すだれ状電極2のピッチ $L_i$ のみを変化させたときの、共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ の変化を等価回路モデルを用いて計算したものである。横軸は $L_i/L_r$ としているので、 $L_i/L_r$ が1のとき、すだれ状電極2と反射器3のピッチが等しくなる。すだれ状電極2のピッチ $L_i$ を変えても、すだれ状電極2と反射器3の間の距離は一定としている。図から、すだれ状電極2のピッチ $L_i$ を変えたとき、共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ がともに変化し、共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ との周波数差は余り変化しないことが分かった。

【0062】図14中点線で示しているのは、反射器3のストップバンドの下限周波数および上限周波数である。すだれ状電極2と反射器3のピッチが等しいとき、共振周波数 $f_r$ は、反射器3のストップバンドの下限周波数にほぼ等しくなっている。したがって、共振周波数 $f_r$ より少しでも低い周波数では、反射器3のストップバンドから外れてしまうため、反射器3の反射効率が小さくなる。

【0063】図13では、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aにおいて、すだれ状電極2のピッチ $L_{is}$ と、反射器3のピッチ $L_{rs}$ とを異ならせ、 $L_{is} < L_{rs}$ としている。このため、図14から分かるように、共振周波数 $f_r$ は反射器3のストップバンドの下限周波数よりも高くなる。このとき、共振周波数 $f_r$ より少し低い周波数でもストップバンドに含まれるので、大きい反射効率が得られる。

【0064】前にも述べたように、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの共振周波数 $f_r$ は、フィルタの中心周波数となっている。よって、すだれ状電極2と反射器3のピッチを図13のように変えることにより、フィルタの中心周波数より低い周波数での反射器3の反射効率低下による損失を小さくでき、通過帯域でのフィルタの挿入損失を小さくできる。また直列腕と並列腕の反射器3のストップバンドが重なり合う周波数幅を広くできるので、フィルタの通過帯域をより広帯域にできる。

#### 【0065】実施例9

図15は、この発明の実施例9を示す構成図である。図15において、1から4および6、7は、図13と同様のものである。図において、圧電体基板1上に、1端子対弾性表面波共振器4を複数個配置し、これらを電氣的に接続して梯子形回路を構成している。また、図に示すように、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aのすだれ状電極2および反射器3のピッチを、それぞれ $L_i$

$s$ 、 $L_{rs}$ とし、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bのすだれ状電極2および反射器3のピッチを、それぞれ $L_{ip}$ 、 $L_{rp}$ としたとき、 $L_{is}/L_{rs} < 1$ とし、かつ、 $L_{ip}/L_{rp} > 1$ となるようにしている。このとき、 $L_{is}/L_{rs} < L_{ip}/L_{rp}$ が成り立っている。

【0066】実施例9の動作は、実施例8と同様である。しかし、実施例9では、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bにおいても、すだれ状電極2のピッチ $L_{ip}$ と反射器3のピッチ $L_{rp}$ とを異ならせ、 $L_{ip}/L_{rp} > 1$ としている。このとき、図14から分かるように、ピッチが等しい場合に比べ、反共振周波数 $f_a$ を反射器3のストップバンドの中心周波数に、より近付けることができる。したがって、反共振周波数 $f_a$ より高い周波数で、反射器3のストップバンドに含まれる周波数幅がより広くなる。

【0067】並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの反共振周波数 $f_a$ も、フィルタの中心周波数となっているので、図15では、フィルタの中心周波数より高い周波数で反射器3の反射効率が低下しない周波数幅を広げることができ、直列腕と並列腕の反射器3のストップバンドが重なり合う周波数幅をより広くできるので、フィルタの通過帯域を図13以上に広帯域にできる。

【0068】なお、図15では、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aが2個あり、これらの交差幅を互いに異ならせている。このように1端子対弾性表面波共振器4の交差幅は、それぞれ変化してもよい。同様に、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aが3個以上ある場合にも、それぞれの交差幅を変化してよく、変化のしかたは種々考えられる。これは、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bに関しても同様である。

【0069】このとき、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aや並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの交差幅を変化させ、交差幅を所要の値にすることにより、フィルタの帯域通過特性を、伝送回路理論で知られている振幅平坦特性、振幅波状特性（チェビシェフ特性）、遅延平坦特性などの種々の特性に近似することができ、任意の特性を得ることができる。

【0070】さらに、図15では明示していないが、複数の直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aの共振周波数 $f_r$ を全く等しくする必要はなく、それぞれ変えてもよい。これは、前述したように、すだれ状電極2のピッチ $L_i$ や、反射器3のピッチ $L_r$ 、さらにこれらの比 $L_i/L_r$ などを変化することにより容易に実現できる。また、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bの反共振周波数 $f_a$ に関しても、それらをそれぞれ変えてもよい。この場合にも、共振周波数 $f_r$ や反共振周波数 $f_a$ を所要の値にすることにより、フィルタの帯域通過特性を種々の特性に近似することができる。

【0071】実施例10

図16は、この発明の実施例10を示す構成図である。図16において、1から4および6、7は、図13と同様のものである。図13と同様に、圧電体基板1上に、1端子対弾性表面波共振器4を複数個配置し、これらを電気的に接続して梯子形回路を構成している。また、図13では、5個の1端子対弾性表面波共振器4のうち、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aが3個あり、これら直列腕の1端子対弾性表面波共振器4a3つを隣接して配置している。

【0072】実施例10の動作も、実施例8および実施例9と同様である。しかし、実施例10では、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aを3つ隣接して配置することにより、同数の直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aおよび並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bを互い違いに配置した場合に比べ、入力端子6と出力端子7の間の距離を短くできる。したがって、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aどうしを接続するワイヤあるいは線路の長さを短くでき、これらの抵抗成分の影響を少なくできるため、挿入損失の小さい弾性表面波フィルタが得られる。

【0073】このとき、逆に、並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bを接続するワイヤあるいは線路の長さは長くなり、抵抗成分が増えてしまう。しかし、フィルタの通過域ではもともと並列腕のインピーダンスがほぼ無限大と大きくなっているため、抵抗成分が増えても、フィルタの挿入損失はほとんど変わらず、低損失の特性が得られる。

【0074】以上の実施例8から10においては、1端子対弾性表面波共振器4を同一の圧電体基板1上に配置した場合を示したが、本発明はこれに限らず、1端子対弾性表面波共振器4とすだれ状電極2とを別々の圧電体基板1上に配置してもよく、このとき異なる種類の圧電体基板1を用いてもよい。また、1端子対弾性表面波共振器4a、4bの数は、以上の実施例に示したものとは限らず、帯域外減衰量や挿入損失の所要値に応じて任意に選択してよい。

#### 【0075】実施例11

図17は、この発明の実施例11を示す構成図である。図17において、4a、4b、6、7は、図18や図13などと同様のものであり、9はインダクタである。図13と同様に、直列腕の1端子対弾性表面波共振器4aと並列腕の1端子対弾性表面波共振器4bを、入力端子6と出力端子7の間に、複数個梯子形に接続している。しかし、図17では図13と異なり、インダクタ9を1端子対弾性表面波共振器4に対して直列あるいは並列に接続している。さらにインダクタ9を、複数個の1端子対弾性表面波共振器4にまたがって接続している。

【0076】実施例11の動作も、実施例8から実施例10と同様であり、低損失なバンドパスフィルタとして動作する。しかし、実施例11では、インダクタ9を1

端子対弾性表面波共振器4に対して、例えば、直列に接続している。このとき、1端子対弾性表面波共振器4とインダクタ9とを合わせたインピーダンス特性を考えると、図20に示した1端子対弾性表面波共振器4単独のインピーダンスに対して、インダクタ9を接続した分インピーダンスの虚部が全体に大きくなる。よって、反共振周波数 $f_a$ は変わらないが共振周波数 $f_r$ が低くなり、 $f_r$ と $f_a$ との周波数差が大きくなる。また、インダクタ9を並列に接続した場合には、インダクタ9を接続した分インピーダンスの逆数の虚部が全体に小さくなる。このときは、共振周波数 $f_r$ は変わらないが反共振周波数 $f_a$ が高くなり、やはり、 $f_r$ と $f_a$ との周波数差が大きくなる。

【0077】このように、インダクタ9を接続することにより、1端子対弾性表面波共振器4の共振周波数 $f_r$ と反共振周波数 $f_a$ との周波数差を見掛上大きくできる。したがって、図21に示したフィルタの通過特性において、2つの減衰極の周波数間隔を広くすることができ、通過帯域幅の広い弾性表面波フィルタが得られる。

【0078】さらに、実施例11では、インダクタ9を複数個の1端子対弾性表面波共振器4にまたがって接続している。すでに述べたように、フィルタの通過帯域から離れた周波数では、1端子対弾性表面波共振器4は容量性のインピーダンス特性を示す。よって、誘導性のインピーダンスを有するインダクタ9を接続することにより、帯域外での通過信号を互いに打ち消すことができ、通過特性に減衰極を作ることができる。したがって、帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる。

【0079】実施例11において、インダクタ9は図17に示した全てのものを用いる必要はなく、少なくとも1つのインダクタ9を接続することによって、本発明の効果が得られる。インダクタ9の構造はどのようなものでもよく、例えば、1端子対弾性表面波共振器4と同一の圧電体基板1上に形成してもよいし、金属ワイヤなどで構成してもよい。1端子対弾性表面波共振器4をパッケージに封入する場合には、インダクタ9を同一パッケージに収めてもよいし、インダクタ9を外部に設けて接続してもよい。さらに、インダクタ9の接続方法は図17に示したものに限らず、種々の方法を用いることができる。

【0080】以上の実施例1から11において、圧電体基板1の材料は単結晶でも他の基板に圧電薄膜を形成したものでもよく、弾性表面波を励振するものであれば何を用いても構わない。また、弾性表面波はレイリー波とは限らず、いわゆる擬弾性表面波などの表面波を利用しても差し支えない。さらに、以上の実施例において、回路素子として用いている1端子対弾性表面波共振器4やすだれ状電極2の代わりに、同一または異なる2つ以上の1端子対弾性表面波共振器4やすだれ状電極2を直列あるいは並列に接続したものをを用いてもよく、この場



合にも本発明の効果が得られる。

【0081】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器と2端子対弾性表面波共振器を共に用いて弾性表面波フィルタを構成したので、2端子対弾性表面波共振器のスプリアスを1端子対弾性表面波共振器の減衰極で打ち消すことができ、低損失で帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0082】請求項2の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器と上記2端子対弾性表面波共振器とを、入力端子と出力端子に対して対称に接続したので、入力端子と出力端子のインピーダンスを等しくすることができ、外部回路との整合がとりやすく、低損失な弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0083】請求項3の発明によれば、3個以上のすだれ状電極を有する2端子対弾性表面波共振器を用いたので、通過帯域の広い弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0084】請求項4および請求項5の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続したので、帯域外の特定の周波数で入力信号を弾性表面波に変換でき、この周波数で帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0085】請求項6の発明によれば、1端子対弾性表面波共振器を梯子形に接続した弾性表面波フィルタの、上記1端子対弾性表面波共振器のすだれ状電極の電極指配列周期と反射器の格子配列周期を異ならせたので、反射器のストップバンドを有効に利用でき、挿入損失が小さく通過帯域の広い弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0086】請求項7の発明によれば、直列腕と並列腕の1端子対弾性表面波共振器にそれぞれの、すだれ状電極の電極指配列周期と反射器の格子配列周期を所定の関係が満たされるようにしたので、反射器のストップバンドをさらに有効に利用でき、通過帯域のさらに広い弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0087】請求項8の発明によれば、直列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つの共振周波数を他と異ならせたので、所要の帯域内通過特性を有する弾性表面波フィルタが得られる。

【0088】請求項9の発明によれば、並列腕の1端子対弾性表面波共振器のうち少なくとも1つの反共振周波数を他と異ならせたので、所要の帯域内通過特性を有する弾性表面波フィルタが得られる。

【0089】請求項10の発明によれば、複数個の直列腕の1端子対弾性表面波共振器を隣接して配置したので、入出力端子間の線路等を短くでき、挿入損失の小さい弾性表面波フィルタが得られる効果がある。

【0090】請求項11の発明によれば、1端子対弾性

表面波共振器を梯子形に接続し、さらに、インダクタを接続したので、通過帯域幅が広く、帯域外減衰量の大きい弾性表面波フィルタが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例1を示す構成図である。

【図2】この発明の実施例1の動作を説明するための図である。

【図3】この発明の実施例1の動作を説明するための図である。

【図4】この発明の実施例2を示す構成図である。

【図5】この発明の実施例3を示す構成図である。

【図6】この発明の実施例3の動作を説明するための図である。

【図7】この発明の実施例4を示す構成図である。

【図8】この発明の実施例4の動作を説明するための図である。

【図9】この発明の実施例4の動作を説明するための図である。

【図10】この発明の実施例5を示す構成図である。

【図11】この発明の実施例6を示す構成図である。

【図12】この発明の実施例7を示す構成図である。

【図13】この発明の実施例8を示す構成図である。

【図14】この発明の実施例8の動作を説明するための図である。

【図15】この発明の実施例9を示す構成図である。

【図16】この発明の実施例10を示す構成図である。

【図17】この発明の実施例11を示す構成図である。

【図18】従来の弾性表面波フィルタを示す構成図である。

【図19】従来の弾性表面波フィルタの動作を説明するための図である。

【図20】従来の弾性表面波フィルタの動作を説明するための図である。

【図21】従来の弾性表面波フィルタの動作を説明するための図である。

【図22】従来の弾性表面波フィルタの動作を説明するための図である。

【図23】従来の弾性表面波フィルタを示す構成図である。

【図24】従来の弾性表面波フィルタの動作を説明するための図である。

【図25】従来の弾性表面波フィルタの動作を説明するための図である。

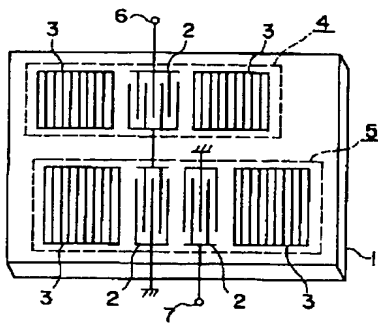
【符号の説明】

- 1 圧電体基板
- 2 すだれ状電極
- 3 反射器
- 4 1端子対弾性表面波共振器
- 5 2端子対弾性表面波共振器
- 6 入力端子

7 出力端子  
8 キャパシタ

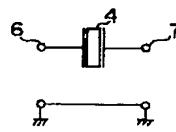
9 インダクタ

【図1】

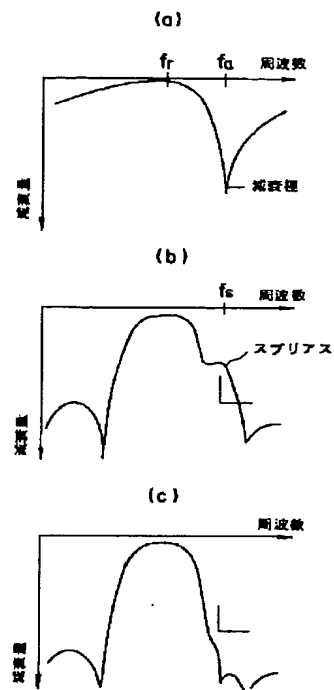


1 圧電体基板  
2 ずだれ状電極  
3 反射壁  
4 1端子対称性表面波共振器  
5 2端子対称性表面波共振器  
6 入力端子  
7 出力端子

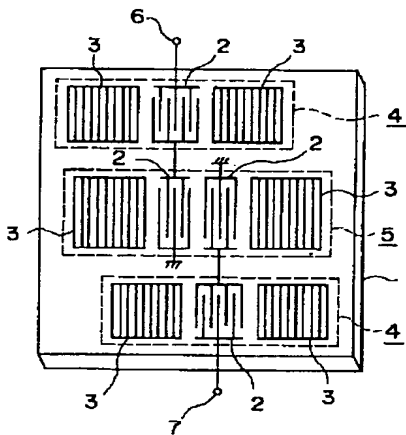
【図2】



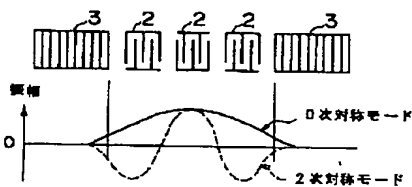
【図3】



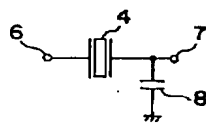
【図4】



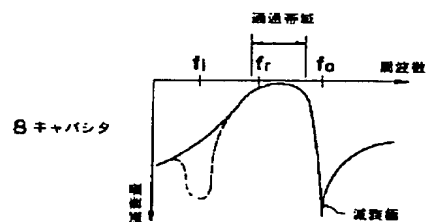
【図6】



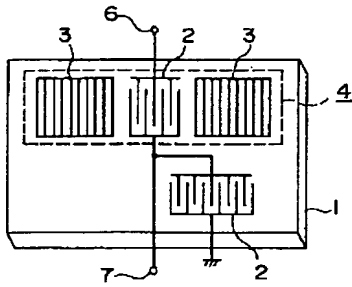
【図8】



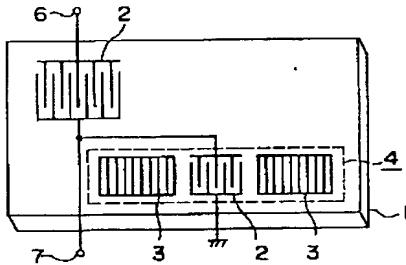
【図9】



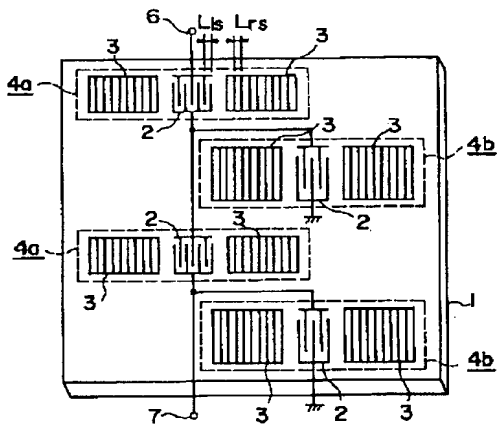
【図7】



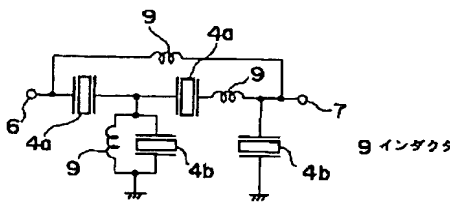
【図11】



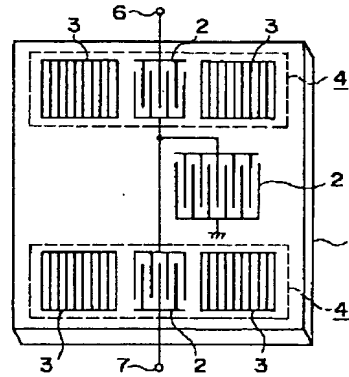
【図13】



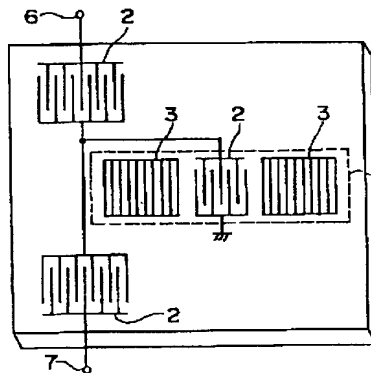
【図17】



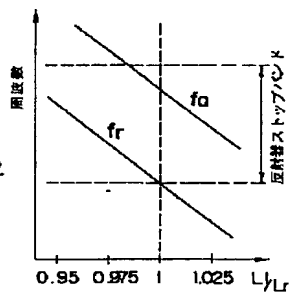
【図10】



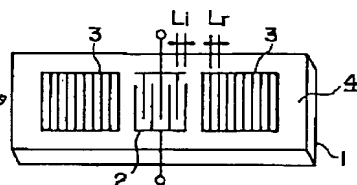
【図12】



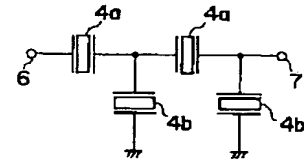
【図14】



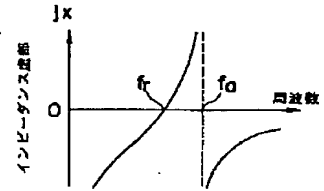
【図19】



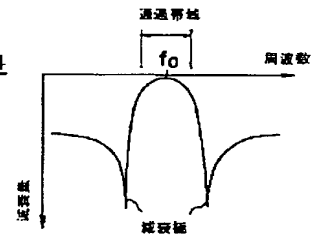
【図18】



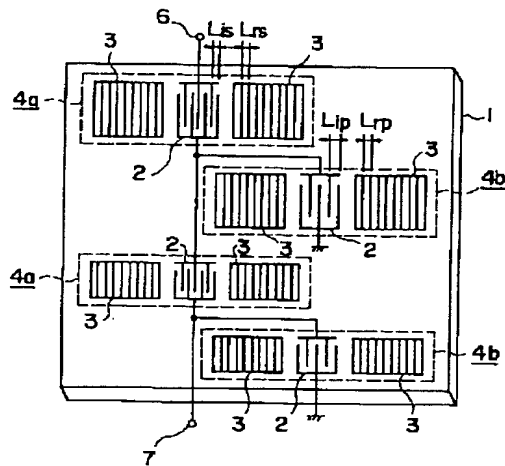
【図20】



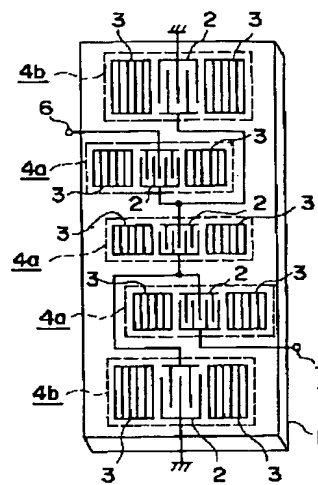
【図21】



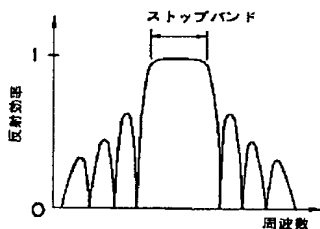
【図15】



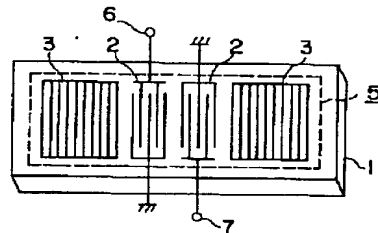
【図16】



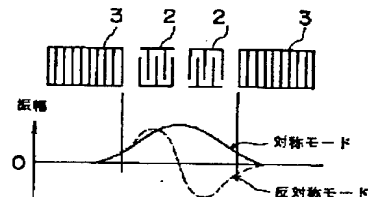
【図22】



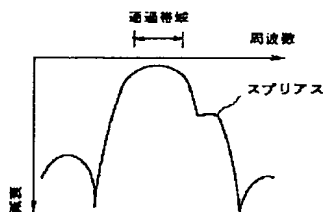
【図23】



【図24】



【図25】



## 【手続補正書】

【提出日】平成5年7月1日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項5

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項5】 1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続した弾性表面波フィルタの、上記すだれ状電極の一部をキャパシタに置き換えたことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正内容】

【0002】

【従来の技術】図18は、例えば文献「電子情報通信学会技術研究報告(超音波)」、US92-52、pp. 9-16に示された、従来のこの種の弾性表面波フィルタの構成を示したものである。図18において、4a、

4bは1端子対弾性表面波共振器、6は入力端子、7は出力端子である。図において、直列腕に挿入した1端子対弾性表面波共振器4aと並列腕に挿入した1端子対弾性表面波共振器4bを、入力端子6と出力端子7の間に、複数個梯子形に接続している。図18における1端子対弾性表面波共振器4a、4bの一般的な構成を図19に示す。図19において、1は圧電体基板、2はすだれ状電極、3は反射器である。圧電体基板1上にすだれ状電極2と2つの反射器3を配置して1端子対弾性表面波共振器4を構成している。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】請求項5の発明に係る弾性表面波フィルタは、1端子対弾性表面波共振器と、弾性表面波を励振するすだれ状電極とを梯子形に接続した弾性表面波フィルタの、上記すだれ状電極の一部をキャパシタに置き換えたことを特徴とするものである。

---

フロントページの続き

(72)発明者 木村 友則

鎌倉市大船五丁目1番1号 三菱電機株式会社電子システム研究所内

(72)発明者 村井 康治

尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社通信機製作所内